Manual de Utilização do Programa

HarmZs

Versão 1.9

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

Novembro 2009

Índice

1. Introdução 1

Introdução 1

2. Códigos de Execução 3

Introdução 3
Código de Execução DGERAIS 6
Código de Execução DBAR 8
Código de Execução DGBT 9
Código de Execução DARE 10
Código de Execução DMAQ 11
Código de Execução DLIN 12
Código de Execução DTR2 14
Código de Execução DTR3 16
Código de Execução DEQP 18
Código de Execução DCRG 20
Código de Execução DMOT 23
Código de Execução DSRC 25
Código de Execução DCOF 27
Código de Execução DLTF 29
Código de Execução DFCF 32

3. Interface Gráfica do Programa HarmZs 37

Configuração do Programa 37
Abertura de um Caso 46
- Abertura de um Arquivo no Formato hzs 46
- Abertura de Arquivos Histórico e STB 51
- Possíveis Avisos Após Leitura dos Arquivos Histórico e STB 56
- Inclusão de Dados de Subsistemas 62

Gravação de Dados de Entrada Carregados em Memória 66
Interface Gráfica para Visualização e Edição de Dados de Entrada 69
- Visualização e Edição de Componentes da Rede 69
- Visualização e Edição de Grupos de Tensão e Áreas 89
- Visualização e Edição de Fontes Harmônicas 91
- Gravação dos Dados Após Edição 95

Tipos de Cálculo 96
- Resposta em Freqüência 97
- Autovalores 105
- Modelo Reduzido 109
- Sensibilidades 117
- Distorções / Correntes de Penetração 124

4. Ferramentas Gráficas 143

Modificação de Nomes e Fontes 143
Alteração de Elementos das Curvas Traçadas 144
Modificação de Escalas, Linhas de Grade e Formatação Numérica. 145
Zoom 146
Congelamento de Gráficos 146

Números com Múltiplos 147
Exportação de Dados 148
Excel 148
Matlab 150
Plot CEPEL 152
Menu para Salvar e Carregar Gráficos 154
Outras Opções 156

5. Ferramenta Avançada Batch 159

Introdução 159
Códigos de Controle de Execução Batch 168
Codigo Batch NOVO 168
Código Batch MESMO 168
Código Batch PLOT_RESP 169
Código Batch PLOT_DIST 171
Código Batch PLOT_CORR 172
Código Batch ABRIR 174
Código Batch EX_IMP 175
Código Batch EX_DIST 178
Código Batch EXCEL 180
Códigos de Edição de Dados de Rede 181
Código Batch FIM 185
Interface Gráfica do Programa 185
Abertura de um Arquivo em Modo Batch 185
Execução do Arquivo em Modo Batch Carregado 188
Observações importantes sobre o modo Batch 193

6. Bibliografia 197

Referências 197

1. Introdução

Introdução

Nesterelatório estão apresentados os códigos de execução do programa HarmZs, para estudo do comportamento harmônico e análise modal de redes elétricas, bem como a sua interface gráfica por meio de diversos tipos de cálculo.

Como poderá ser observado, o programa apresenta grande facilidade de utilização e uma grande quantidade de recursos de cálculo, pois além da análise harmônica convencional, o programa também é capaz de realizar análise modal de redes elétricas.

Parte desta facilidade de utilização provém do fato do programa ser totalmente desenvolvido em ambiente gráfico C++, permitindo, entre outras facilidades, alocação dinâmica de memória, o que, em princípio, faz com que o número máximo permitido de componentes do sistema como, por exemplo, barras, linhas de transmissão, equipamentos, transformadores, cargas, etc. se ajuste automaticamente à memória do computador no qual o programa está instalado. Desta forma um microcomputador com maior quantidade de memória será capaz de executar casos com sistemas de maiores dimensões. Deve-se observar que configurações típicas de microcomputadores são suficientes para executar casos com sistemas com dimensões da ordem do brasileiro.

Para uma maior facilidade de entendimento da utilização do programa, toda a apresentação dos códigos de execução e dos cálculos, que podem ser realizados por meio da interface gráfica, é feita baseada em um sistema exemplo de 6 barras. Apesar da pequena quantidade de barras, o sistema apresenta todos os equipamentos de um sistema real de grande porte.

Basicamente, este relatório é uma edição atualizada e revisada do manual do usuário da versão 1.7 do programa HarmZs [1].

2. Códigos de Execução

Introdução

A leitura de arquivos do HarmZs é feita através de uma série de códigos de execução, popularmente conhecida como “cartões”. Esses códigos informam ao programa qual a ação que deverá ser tomada com relação aos dados que estão sendo fornecidos.

A formatação destes cartões é livre, ou seja, não existem posições predeterminadas para os dados. Desta forma, são utilizados como delimitadores espaços em branco ou tabulações. Assim, eventuais valores nulos precisam ser explicitados.

O programa permite que linhas sejam comentadas, para isto deve-se colocar no seu início um dos seguintes caracteres: % ou (.

O processo de entrada de dados será exemplificado utilizando o sistema apresentado na Figura 2.1.

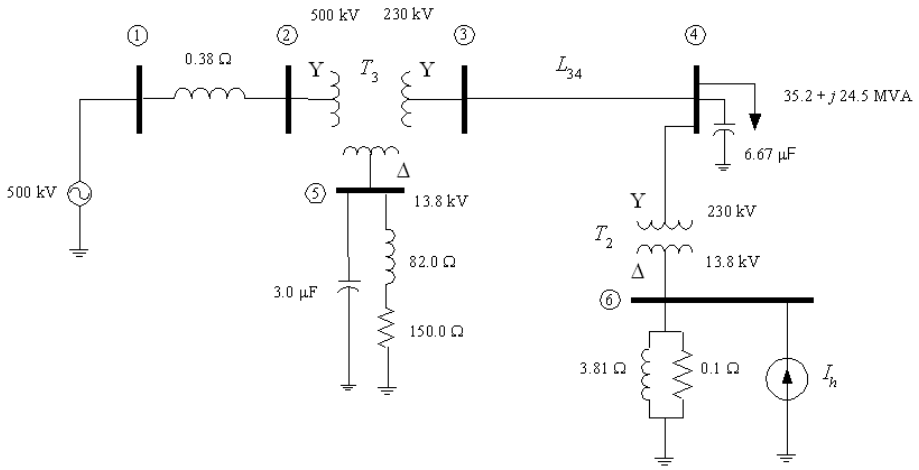


Figura 2.1: Sistema exemplo de 6 barras.

onde:

$LT_{34} \rightarrow$ Linha de transmissão entre as barras 3 e 4, possuindo as seguintes características:

Resistência longitudinal : 0.833 Ω/km

Reatância longitudinal : 2.19 Ω/km

Capacitância transversal: 0.0932 μF/km

Comprimento : 9 km

$T_2 \rightarrow$ Transformador de dois enrolamentos com o primário ligado em Y e o secundário em Δ, possuindo as seguintes características:

Potência nominal: 500 MVA

Tensão no enrolamento primário: 230 kV

Tensão no enrolamento secundário: 13.8 kV

Reatância de dispersão: 0.1 pu na base do transformador

Ângulo de defasagem entre as tensões primária e secundária: -30^o

$T_3 \rightarrow$ Transformador de três enrolamentos com o primário e secundário ligados em Y e o terciário em Δ, possuindo as seguintes características:

Potência nominal: 750 MVA

Tensão no enrolamento primário: 500 kV

Tensão no enrolamento secundário: 230 kV

Tensão no enrolamento terciário: 13.8 kV

Reatâncias de dispersão na base do transformador:

Primário – secundário: 0.15 pu

Secundário – terciário: 0.20 pu

Primário – terciário: 0.40 pu

Ângulo de defasagem da tensão do enrolamento terciário: -30^o

Grupos base de tensão considerados:

1 – 500 kV (barras 1 e 2)

2 – 230 kV (barras 3 e 4)

3 – 13.8 kV (barras 5 e 6)

Áreas consideradas:

1 – Área de alta tensão (barras 1, 2, 3 e 4)

2 – Área de baixa tensão (barras 5 e 6)

As descrições dos códigos de entrada de dados e seus formatos serão apresentados nas próximas seções.

Código de Execução DGERAIS

A partir da versão 1.6 do programa HarmZs, o código DGERAIS sofreu algumas alterações estruturais com o surgimento de novas opções para torná-lo mais versátil.

Logo, a partir da versão 1.6, o programa lê os dados gerais do caso na seguinte ordem:

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
FREQUENCIA	Freqüência fundamental do sistema em Hz.	Qualquer valor real positivo.
SBASE	Potência base do sistema em MVA.	Qualquer valor real positivo.
DADOS	Define a unidade dos dados do arquivo texto de entrada no formato hzs.	Unidades – Dados em unidades elétricas. PU – Dados em pu.
INTERFACE	Define a unidade que serão visualizados os gráficos de saída e os dados de entrada (através da interface de entrada de dados).	Unidades – Dados em unidades elétricas. PU – Dados em pu.
METODOLOGIA	Define o tipo de modelagem utilizada para a rede elétrica: **Y**(*s*) ou Sistemas Descritores.	YS – **Y**(*s*). DESCRITOR – Sistemas Descritores.
TITULO	Define o título do arquivo de dados no formato hzs.	Qualquer conjunto de caracteres. Pode deixar esse campo em branco caso não necessite dar título ao arquivo de dados.
IDBARRA	Define como serão apresentadas as barras na interface (comboboxes) do programa.	NUMERO – Se as barras serão apresentadas pelo seus números. NOME – Se as barras serão apresentadas pelo seus nomes (ainda não implementada esta opção).

Obs: A metodologia pode ser modificada a qualquer momento pelo usuário.

Para o sistema exemplo de 6 barras, cuja freqüência fundamental é 60Hz, este código deve ser preenchido da seguinte forma (considerando a potência base de 750MVA, os dados e a interface em unidades elétricas e a modelagem **Y**(*s*)):

```
DGERAIS
  FREQUENCIA    60.0
  SBASE         750.0
  DADOS         Unidades
  INTERFACE     Unidades
  METODOLOGIA   YS
  TITULO        Arquivo Exemplo do Manual
  IDBARRA       NUMERO
FIM
```

Vale lembrar que o código FIM é necessário no código DGERAIS das versão superiores à 1.6.

Os arquivos de dados de entrada das versões anteriores à versão 1.6 (1.5.a, 1.5, 1.4, etc) também podem ser carregados. No item Abertura de um Caso será mostrado como carregar esses arquivos com o formato do código DGERAIS antigo.

O programa lê os dados do códigos DGERAIS no fomato antigo na seguinte ordem:

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Freqüência base	Freqüência fundamental do sistema em Hz.	Qualquer valor real positivo.
Potência base	Potência base do sistema em MVA.	Qualquer valor real positivo.
Flag pu	Define o sistema de unidades do arquivo de dados.	0 – Unidades elétricas. 1 – Unidades em pu.
Modelagem	Define o tipo de modelagem utilizada para a rede elétrica: **Y**(*s*) ou Sistemas Descritores.	0 – **Y**(*s*). 1 – Sistemas Descritores.

Recomenda-se converter os arquivos de dados no formato anterior à versão 1.6 para o formato novo (versão 1.6 ou acima). Para isto basta carregá-lo como mostrado no item Erro! A origem da referência não foi encontrada. e salvá-lo na versão mais nova como mostrado no item **Gravação de Dados de Entrada Carregados em Memória**.

Para o sistema exemplo de 6 barras, cuja freqüência fundamental é 60Hz, este código, nas versões anteriores à versão 1.6, tem o seguinte formato (considerando a potência base de 750MVA, os dados em unidades elétricas e a modelagem **Y**(*s*)):

```
DGERAIS
  60    750    0    0
```

Código de Execução DBAR

Lê os dados de barras na seguinte ordem:

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Número da barra	Número designado para a barra.	Qualquer valor inteiro positivo.
Nome da Barra	Nome designado para a barra. Quando existirem espaços em branco ou tabulações neste nome, o mesmo deverá ser escrito entre aspas. Caso contrário, o uso das aspas é opcional.	Qualquer caracter alfanumérico inclusive espaços em branco ou tabulações.
Módulo da tensão	Módulo da tensão de operação eficaz fase-fase da barra (kV ou pu).	Qualquer valor real positivo.
Ângulo da tensão	Ângulo da tensão de operação da barra (graus).	Qualquer valor real.
Grupo base de tensão	Número do grupo base de tensão (relaciona-se com o código DGBT).	Qualquer valor inteiro positivo que esteja definido no código DGBT.
Área da barra	Indica a área onde a barra está localizada (relaciona-se com o código DARE).	Qualquer valor inteiro positivo que esteja definido no código DARE.

Para o sistema exemplo de 6 barras, tem-se:

```
DBAR
1  "Bar 1"  500.0    0    1    1
2  "Bar 2"  500.0    0    1    1
3  "Bar 3"  230.0    0    2    1
4  "Bar 4"  230.0    0    2    1
5  "Bar 5"   13.8    0    3    2
6  "Bar 6"   13.8    0    3    2
FIM
```

Código de Execução DGBT

Lê os dados de grupos base de tensão. A tabela abaixo apresenta os campos deste código.

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Grupo base de tensão	Número do grupo base de tensão.	Qualquer valor inteiro positivo (este valor é referenciado no campo "Grupo base de tensão" do código DBAR).
Tensão base do grupo	Tensão nominal fase-fase do grupo de tensão em kV.	Qualquer valor real positivo.

Para o sistema exemplo de 6 barras, tem-se:

```
DGBT
1       500.0
2       230.0
3        13.8
FIM
```

Código de Execução DARE

Lê os dados de área do sistema. Este código permite associar nomes às áreas do sistema.

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Número da área	Número associado à área.	Qualquer valor inteiro positivo (este valor é referenciado no campo "Área da barra" do código DBAR).
Nome da área	Nome associado à área. Quando existirem espaços em branco ou tabulações neste nome, o mesmo deverá ser escrito entre aspas. Caso contrário, o uso das aspas é opcional.	Qualquer série de caracteres, contanto que não existam espaços ou tabulações, podendo ou não estar entre aspas.

Para o sistema exemplo de 6 barras, tem-se:

```
DARE
1    Area_Alta_Tensao
2    Area_Baixa_Tensao
FIM
```

Código de Execução DMAQ

Executa a leitura dos dados das máquinas do sistema (fontes de tensão), conforme descrito a seguir.

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Número da barra	Número da barra onde a máquina está conectada.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR.
Estado da máquina	Indica se a máquina está ligada ou desligada.	0 – Desligada. 1 – Ligada.
Resistência	Resistência de armadura da máquina em pu na sua base.	Qualquer valor real positivo ou zero.
Reatância	Reatância sub-transitória de eixo direto da máquina em pu na sua base.	Qualquer valor real positivo ou zero.
Potência base	Potência nominal da máquina em MVA.	Qualquer valor real positivo.
Identificador do fator de correção com a frequência	Número do identificador do fator de correção que está definido no código DFCF.	Qualquer valor inteiro positivo válido no código DFCF. O valor zero significa que não será considerada a correção com a frequência da linha de transmissão em questão.

OBS: Para uma barra infinita (fonte ideal de tensão), os campos resistência, reatância e potência base devem ser ignorados, ou seja, deixados em branco.

Para o sistema exemplo de 6 barras, tem-se:

Fonte de tensão modelada como barra infinita (fonte ideal de tensão).

```
DMAQ
1   1
FIM
```

Fonte de tensão modelada como máquina.

```
DMAQ
1    1   0.2    1.3    1000  30
FIM
```

Código de Execução DLIN

Executa a leitura dos dados de linhas de transmissão ou cabos.

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Número da barra "de"	Número da barra onde está conectado o terminal da linha considerado como seu início. Este valor não pode ser zero.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR.
Número da barra "para"	Número da barra onde está conectado o terminal da linha considerado como seu final. Este valor pode ser zero, indicando que este terminal está conectado à terra (linha em curto-circuito).	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR ou o número zero.
Identificador de circuitos	Caso existam circuitos em paralelo, este valor serve para diferenciá-los.	Qualquer valor inteiro positivo ou zero.
Estado da linha	Indica se a linha está ligada ou desligada.	0 – Desligada. 1 – Ligada.
Resistência	Resistência longitudinal da linha em ohms/km ou pu/km na base do sistema.	Qualquer valor real positivo ou zero.
Reatância	Reatância longitudinal da linha na freqüência fundamental em ohms/km ou pu/km na base do sistema.	Qualquer valor real positivo ou zero.
Capacitância / Susceptância Capacitiva	Capacitância transversal da linha em µF/km para entrada de dados em unidades elétricas (valor 0 para o campo "Flag pu" do código DGERAIS) ou susceptância capacitiva na freqüência fundamental em pu/km na base do sistema para entrada de dados em pu (valor 1 para o campo "Flag pu" do código DGERAIS).	Qualquer valor real positivo ou zero.

Comprimento	Comprimento da linha em km.	Qualquer valor real positivo.
Pis	Número de circuitos πs utilizados para a modelagem da linha.	Qualquer valor inteiro positivo. O valor zero significa que a linha será modelada por parâmetros distribuídos (correção hiperbólica). Esta opção só é válida para a modelagem Y(s), sendo que para a modelagem por sistemas descritores o zero é convertido para um.
Identificador do fator de correção com a frequência	Número do identificador do fator de correção que está definido no código DFCF.	Qualquer valor inteiro positivo válido no código DFCF. O valor zero significa que não será considerada a correção com a frequência da linha de transmissão em questão.

Para o sistema exemplo de 6 barras, tem-se:

```
DLIN
3   4   1   1   0.833000   2.190000   0.093200   9   0  10
FIM
```

Observações:

1) Uma forma equivalente de fornecimento de dados de linhas de transmissão é utilizando seus parâmetros totais R_T, X_T e C_T (resistência, reatância e capacitância totais), ao invés de seus parâmetros por unidade de comprimento R, X e C (resistência, reatância e capacitância por unidade de comprimento). Neste caso, os comprimentos das linhas de transmissão (l) devem ser igualados a unidade.

Para a linha de transmissão do sistema exemplo de seis barras, tem-se:

$$R_T = R\,l = 0.833 \times 9 = 7.497\Omega$$

$$X_T = X\,l = 2.19 \times 9 = 19.71\Omega$$

$$C_T = C\,l = 0.0932 \times 9 = 0.8388\mu\text{F}$$

Assim, os dados do código DLIN podem ser fornecidos, alternativamente, como:

```
DLIN
3   4   1   1   7.497   19.71   0.8388   1   0
FIM
```

2) A susceptância capacitiva de uma linha de transmissão em pu/km é dada por:

$$b = 2\pi\, f\, C\, Z_{base}$$

onde f e Z_{base} são a freqüência fundamental e a impedância base do sistema, respectivamente. Como no item anterior, C denota a capacitância da linha em μF/km.

Código de Execução DTR2

Executa a leitura dos dados de transformadores de dois enrolamentos.

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Número da Barra "de"	Número da barra onde o terminal do enrolamento primário está conectado.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR.
Tensão do tap do enrolamento primário	Módulo de tensão do tap do enrolamento primário (kV ou pu).	Qualquer valor real positivo.
Ângulo de tensão do tap do enrolamento primário	Ângulo de tensão do tap do enrolamento primário (graus).	Qualquer valor real.
Número da barra "para"	Número da barra onde o terminal do enrolamento secundário está conectado.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR.
Tensão do tap do enrolamento secundário	Módulo de tensão do tap do enrolamento secundário (kV ou pu).	Qualquer valor real positivo.
Ângulo de tensão do tap do enrolamento secundário	Ângulo de tensão do tap do enrolamento secundário (graus).	Qualquer valor real.
Resistência	Resistência de curto-circuito do transformador em pu na sua base.	Qualquer valor real positivo ou zero.
Reatância	Reatância de curto-circuito do transformador em pu na sua base.	Qualquer valor real positivo.
Potência base	Potência nominal do transformador em MVA.	Qualquer valor real positivo.
Identificador de circuitos	Caso existam circuitos em paralelo este valor serve para diferenciá-los.	Qualquer valor inteiro positivo ou zero.
Estado do transformador	Indica se o transformador está ligado ou desligado.	0 – Desligado. 1 – Ligado.
Identificador do fator de correção com a frequência	Número do identificador do fator de correção que está definido no código DFCF.	Qualquer valor inteiro positivo válido no código DFCF. O valor zero significa que não será considerada a correção com a frequência do transformador em questão.

Para o sistema exemplo de 6 barras, tem-se:

```
DTR2
4   230   0   6   13.8   -30   0.0   0.1   500   1   1   20
FIM
```

Código de Execução DTR3

Executa a leitura dos dados de transformadores de três enrolamentos.

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Número da barra do enrolamento primário	Número da barra onde o terminal do enrolamento primário está conectado.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR.
Resistência entre os enrolamentos primário e secundário	Parte real da impedância de curto circuito entre os enrolamentos primário e secundário (z_{ps}) em pu na base do transformador.	Qualquer valor real positivo ou zero.
Reatância entre os enrolamentos primário e secundário	Parte imaginária da impedância de curto circuito entre os enrolamentos primário e secundário (z_{ps}) em pu na base do transformador.	Qualquer valor real positivo.
Tensão do tap do enrolamento primário	Módulo de tensão do tap do enrolamento primário (kV ou pu).	Qualquer valor real positivo.
Ângulo de tensão do tap do enrolamento primário	Ângulo de tensão do tap do enrolamento primário (graus).	Qualquer valor real.
Número da barra do enrolamento secundário	Número da barra onde o terminal do enrolamento secundário está conectado.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR.
Resistência entre os enrolamentos secundário e terciário	Parte real da impedância de curto circuito entre os enrolamentos secundário e terciário (z_{st}) em pu na base do transformador.	Qualquer valor real positivo ou zero.
Reatância entre os enrolamentos secundário e terciário	Parte imaginária da impedância de curto circuito entre os enrolamentos secundário e terciário (z_{st}) em pu na base do transformador.	Qualquer valor real positivo.
Tensão do tap do enrolamento secundário	Módulo de tensão do tap do enrolamento secundário (kV ou pu).	Qualquer valor real positivo.
Ângulo de tensão do tap do enrolamento secundário	Ângulo de tensão do tap do enrolamento secundário (graus).	Qualquer valor real.

Número da barra do enrolamento terciário	Número da barra onde o terminal do enrolamento terciário está conectado.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR.
Resistência entre os enrolamentos primário e terciário	Parte real da impedância de curto circuito entre os enrolamentos primário e terciário (z_{pt}) em pu na base do transformador.	Qualquer valor real positivo ou zero.
Reatância entre os enrolamentos primário e terciário	Parte imaginária da impedância de curto circuito entre os enrolamentos primário e terciário (z_{pt}) em pu na base do transformador.	Qualquer valor real positivo.
Tensão do tap do enrolamento terciário	Módulo de tensão do tap do enrolamento terciário (kV ou pu).	Qualquer valor real positivo.
Ângulo de tensão do tap do enrolamento terciário	Ângulo de tensão do tap do enrolamento terciário (graus).	Qualquer valor real.
Potência base	Potência nominal do transformador em MVA.	Qualquer valor real positivo.
Identificador de circuitos	Caso existam circuitos em paralelo este valor serve para diferenciá-los.	Qualquer valor inteiro positivo ou zero.
Estado do transformador	Indica se o transformador está ligado ou desligado.	0 – Desligado. 1 – Ligado.

Para o sistema exemplo de 6 barras, tem-se:

```
DTR3
2  0  0.15  500  0  3  0  0.2  230  0  5  0  0.4  13.8  -30  750  1  1
FIM
```

Código de Execução DEQP

Executa a leitura dos dados dos equipamentos modelados por circuitos RLCs.

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Número da barra "de"	Número da barra onde o terminal do equipamento considerado como seu início está conectado. Este valor não pode ser zero.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR.
Número da barra "para"	Número da barra onde o terminal do equipamento considerado como seu final está conectado. Este valor pode ser zero indicando que este terminal está conectado à terra (equipamento "shunt").	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR ou o número zero.
Identificador de circuitos	Caso existam equipamentos em paralelo, este valor serve para diferenciá-los.	Qualquer valor inteiro positivo ou zero.
Estado do equipamento	Indica se o equipamento está ligado ou desligado.	0 – Desligado. 1 – Ligado.
Resistência	Resistência do equipamento em ohms ou em pu na base do sistema.	Qualquer valor real positivo ou zero.
Reatância	Reatância indutiva do equipamento calculada na freqüência fundamental do sistema, em ohms ou em pu na base do sistema.	Qualquer valor real positivo ou zero.
Capacitância / Susceptância Capacitiva	Capacitância do equipamento em µF, para entrada de dados em unidades elétricas (valor 0 para o campo "Flag pu" do código DGERAIS) ou susceptância capacitiva na freqüência fundamental em pu na base do sistema para entrada de dados em pu (valor 1 para o campo "Flag pu" do código DGERAIS).	Qualquer valor real positivo ou zero.

Tipo de ligação	A resistência, indutância e capacitância podem ser conectadas em paralelo (tipo = 1 ou tipo = p) ou série (tipo = 2 ou tipo = s).	1 ou p – RLCs em paralelo. 2 ou s – RLCs em série.

Deve-se observar que valores nulos de resistência, indutância ou capacitância indicam ausência destes tipos de elementos. Por exemplo, para um tipo de ligação em paralelo (tipo = 1 ou tipo = p), uma resistência nula significa que não há parte resistiva no circuito (equivale a uma resistência infinita).

Para o sistema exemplo de 6 barras, tem-se:

```
DEQP
1    2    1    1    0.0     0.38    0.00    2
4    0    1    1    0.0     0.00    6.67    2
5    0    1    1    0.0     0.00    3.00    2
5    0    2    1  150.0    82.00    0.00    2
6    0    1    1    0.1     3.81    0.00    1
FIM
```

ou

```
DEQP
1    2    1    1    0.0     0.38    0.00    s
4    0    1    1    0.0     0.00    6.67    s
5    0    1    1    0.0     0.00    3.00    s
5    0    2    1  150.0    82.00    0.00    s
6    0    1    1    0.1     3.81    0.00    p
FIM
```

Código de Execução DCRG

Executa a leitura dos dados de cargas.

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Número da Barra "de"	Número da barra onde o terminal da carga está conectado, este valor não pode ser zero.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR.
Identificador de circuitos	Caso existam circuitos em paralelo, este valor serve para diferenciá-los.	Qualquer valor inteiro positivo ou zero.
Estado da carga	Indica se a carga está ligada ou desligada.	0 – Desligada. 1 – Ligada.
Potência ativa	Potência total ativa da carga em MW ou em pu na base do sistema.	Qualquer valor real positivo ou zero.
Potência reativa	Potência total reativa da carga em MVAr ou em pu na base do sistema.	Qualquer valor real.
Ligação	Indica a configuração da carga quando for convertida para circuito RLC.	1 ou p – RLC paralelo. 2 ou s – RLC série. 3 ou m – RLC misto
Porcentagem de potência ativa	Percentual de potência ativa que será modelada como resistência do ramo paralelo do circuito RLC misto.	Qualquer valor real entre 0 e 100 caso a ligação escolhida seja "3" ou "m". Não deverá ser preenchido caso seja escolhida ligação série ou paralela.
Porcentagem de potência reativa	Percentual de potência reativa que será modelada como a reatância do ramo paralelo do circuito RLC misto.	Qualquer valor real entre 0 e 100 caso a ligação escolhida seja "3" ou "m". Não deverá ser preenchido caso seja escolhida ligação série ou paralela.

Para o sistema exemplo de 6 barras, ligação em paralelo, tem-se:

```
DCRG
4    1   1   35.20    24.50    1
FIM
```

ou

```
DCRG
4    1   1   35.20    24.50    p
FIM
```

Como exemplo de configuração mista da carga, tem-se:

```
DCRG
4     1   1   35.20    24.50    3     60    60
FIM
```

ou

```
DCRG
4     1   1   35.20    24.50    m     60    60
FIM
```

Estes códigos de configuração mista significam que a carga da barra 4 do sistema exemplo de 6 barras será modelada conforme mostrado na Figura 2.2.

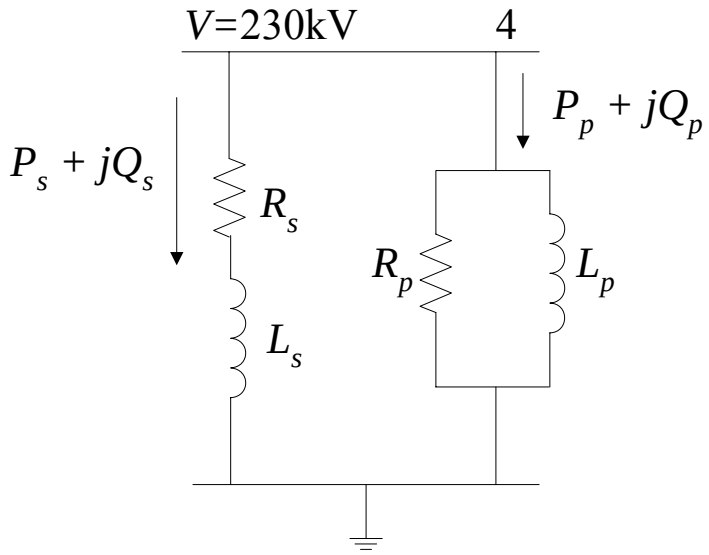


Figura 2.2: Modelo RLC misto da carga na barra 4

Os valores das potências mostradas na Figura 2.2, de acordo com os campos do código DCRG, são dados por:

$$P_P = 0.6 \times 35.20 = 21.12\,\text{MW}$$

$$Q_P = 0.6 \times 24.50 = 14.70\,\text{MVAr}$$

$$P_S = 0.4 \times 35.20 = 14.08\,\text{MW}$$

$$Q_S = 0.4 \times 24.20 = 9.80\,\text{MVAr}$$

Os valores das resistências e indutâncias mostradas na Figura 2.2, considerando a tensão na barra 4 como nominal, são dados por:

$$R_P = \frac{V^2}{P_P} = \frac{230^2}{21.12} = 2504.7\Omega$$

$$L_P = \frac{V^2}{Q_P \times \omega} = \frac{230^2}{14.70 \times 2\pi \times 60} = 9.5457\text{H}$$

$$R_S = \frac{V^2}{(P_S^2 + Q_S^2)} P_S = \frac{230^2}{(P_S^2 + Q_S^2)} 14.80 = 2531\Omega$$

$$L_S = \frac{V^2}{(P_S^2 + Q_S^2)} \frac{Q_S}{\omega} = \frac{230^2}{(P_S^2 + Q_S^2)} \frac{9.80}{2\pi \times 60} = 4.6728\text{H}$$

Código de Execução DMOT

Executa a leitura dos dados de grupos de motores.

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Número da Barra "de"	Número da barra onde o terminal do grupo de motores está conectado, este valor não pode ser zero.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR.
Identificador de circuitos	Caso existam grupo de motores de potências diferentes em paralelo, este valor serve para diferenciá-los.	Qualquer valor inteiro positivo ou zero.
Estado do motor	Indica se o grupo de motores está ligado ou desligado.	0 – Desligado. 1 – Ligado.
Resistência do estator	Resistência do estator de uma unidade do grupo de motores em pu, considerando a base de potência igual a potência mecânica nominal da unidade.	Qualquer valor real positivo ou zero.
Reatância do estator	Reatância do estator de uma unidade do grupo de motores na freqüência fundamental em pu. A base de potência considerada deve ser igual a potência mecânica nominal da unidade.	Qualquer valor real positivo.
Reatância de magnetização	Reatância de magnetização de uma unidade do grupo de motores na freqüência fundamental em pu. A base de potência considerada deve ser igual a potência mecânica nominal da unidade.	Qualquer valor real positivo.

Resistência do rotor	Resistência do rotor de uma unidade do grupo de motores em pu, considerando a base de potência igual a potência mecânica nominal da unidade.	Qualquer valor real positivo ou zero.
Reatância do rotor	Reatância do rotor de uma unidade do grupo de motores na freqüência fundamental em pu. A base de potência considerada deve ser igual a potência mecânica nominal de uma unidade	Qualquer valor real positivo.
Escorregamento*	Escorregamento de uma unidade do grupo de motores.	Qualquer valor real positivo.
Número de motores	Número de motores iguais.	Qualquer valor inteiro positivo.
Potência base	Potência mecânica nominal em HP de uma unidade do grupo de motores.	Qualquer valor real positivo.

Um exemplo de entrada de dados de um grupo de quatro motores de 0.8 HP é apresentado a seguir:

```
DMOT
5    1   1   0.03   0.05  3   0.01    0.02    0.012   4   0.8
FIM
```

*O valor do escorregamento (*slip*) de uma unidade do grupo de motores é dado por:

$$slip = \frac{\omega_S - \omega_R}{\omega_S}$$

onde:

ω_S - velocidade sícnrona do campo do estator

ω_R - velocidade do rotor

Código de Execução DSRC

Executa a leitura dos dados das fontes harmônicas.

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Número da Barra "de"	Número da barra onde o terminal da fonte harmônica considerado como seu início está conectado. Este valor não pode ser zero.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR.
Número da Barra "para"	Número da barra onde o terminal da fonte harmônica considerado como seu final está conectado. O valor deste campo pode ser branco ou zero, indicando que este terminal está conectado à terra.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR, zero ou branco.
Tipo da fonte	Indica se a fonte é de tensão ou de corrente	V – Fonte de tensão (não implementada). I – Fonte de corrente.
Identificador de circuitos	Caso existam fontes em paralelo, este valor serve para diferenciá-las.	Qualquer valor inteiro positivo ou zero.
Estado da fonte	Indica se a fonte está ligada ou desligada.	0 – Desligada. 1 – Ligada.

Em seguida devem ser incluídas as linhas com os dados das fontes harmônicas.

Freqüência	Freqüência em Hertz.	Valores múltiplos da freqüência fundamental.
Módulo	Valores rms do módulo da corrente em Amperes ou em pu na base do sistema.	Qualquer valor real positivo.
Ângulo	Valor do ângulo da corrente em graus.	Qualquer valor real.

Ao final dos dados de cada uma das fontes harmônicas, inclui-se o código FIMP. Depois do último código FIMP acrescenta-se o código FIM.

Para o sistema exemplo de 6 barras, tem-se:

```
DSRC
6    I    1    1
180.00     3.157000    0.0000
300.00    40.730000    0.0000
420.00    22.565000    0.0000
540.00     0.737000    0.0000
660.00    11.514000    0.0000
780.00     8.083000    0.0000
900.00     0.779000    0.0000
1020.00    2.568000    0.0000
1140.00    4.084000    0.0000
1260.00    0.568000    0.0000
1380.00    2.589000    0.0000
1500.00    2.231000    0.0000
FIMP
FIM
```

Código de Execução DCOF

Executa a leitura das correntes fundamentais de componentes da rede.

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Tipo do Elemento	Tipo de elemento do qual a corrente nominal está sendo especificada.	LIN = Linhas EQP = Equipamentos MAQ = Máquinas CRG = Cargas TR2 = Transformadores de 2 enrolamentos TR3 = Transformadores de 3 enrolamentos MOT = Motores
Terminal 1	Número da barra onde o primeiro terminal do equipamento (considerado como seu início) está conectado, este valor não pode ser zero.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR.
Terminal 2	Número da barra onde o segundo terminal do equipamento está conectado, este valor pode ser zero.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR, ou zero, caso esteja conectado à barra de referência.
Terminal 3	Número da barra onde o terceiro terminal do equipamento está conectado, este valor pode ser zero.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR, ou zero caso este terminal não exista, ou esteja conectado à barra de referência.
Identificador de circuitos	Caso existam circuitos em paralelo, este valor serve para diferenciá-los.	Qualquer valor inteiro positivo ou zero.
Corrente 1	Valor rms da corrente fundamental no terminal 1 em Amperes.	Qualquer valor real.
Corrente 2	Valor rms da corrente fundamental no terminal 2 em Amperes.	Qualquer valor real.
Corrente 3	Valor rms da corrente fundamental no terminal 3 em Amperes.	Qualquer valor real.

Para o sistema exemplo de 6 barras, tem-se a corrente fundamental do equipamento na barra 6:

```
DCOF
EQP    6    0    0    1    10    0    0
FIM
```

Código de Execução DLTF

Executa a leitura dos dados de linhas de transmissão que terão seus parâmetros corrigidos com a freqüência. Os campos deste código são descritos a seguir. O significado geométrico de alguns dos dados informados nestes campos é mostrado com o auxílio da Figura 2.3. Deve-se observar que a consideração da variação dos parâmetros de linhas de transmissão com a freqüência só é possível utilizando a metodologia **Y**(s).

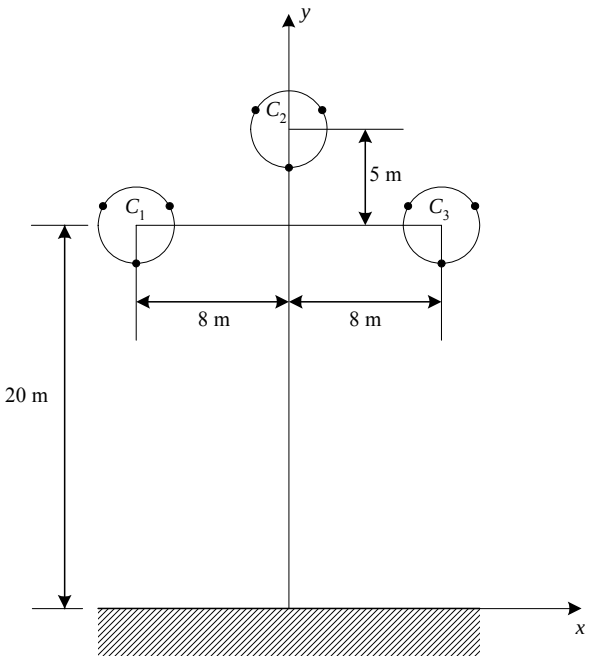


Figura 2.3: Configuração geométrica da linha de transmissão

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Número da barra "de"	Número da barra onde está conectado o terminal da linha considerado como seu início. Este valor não pode ser zero.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR.
Número da barra "para"	Número da barra onde está conectado o terminal da linha considerado como seu final. Este valor pode ser zero, indicando que este terminal está conectado à terra (linha em curto-circuito).	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR ou o número zero.

Identificador de circuitos	Caso existam linhas em paralelo, este valor serve para diferenciá-las.	Qualquer valor inteiro positivo ou zero.
Estado da linha	Indica se a linha está ligada ou desligada.	0 – Desligada. 1 – Ligada.
Circuito de seqüência	Estabelece qual a seqüência dos parâmetros elétricos.	Seqüência zero – 0 Seqüência positiva – 1 Seqüência negativa – 2
Indutância	Indutância externa da linha em H/km.	Qualquer valor real positivo.
Capacitância	Capacitância da linha em μF/km.	Qualquer valor real positivo.
Comprimento	Comprimento da linha em km.	Qualquer valor real positivo.
Diâmetro externo dos subcondutores	Diâmetro externo dos subcondutores em cm.	Qualquer valor real positivo
Diâmetro da alma de aço	Diâmetro da alma de aço dos subcondutores em cm.	Qualquer valor real positivo.
Número de subcondutores	Número de subcondutores por fase.	Qualquer valor inteiro positivo.
Resistência à corrente contínua	Resistência à corrente contínua dos subcondutores em Ohms/km.	Qualquer valor real positivo.
Resistividade do solo	Resistividade do solo em ohms·m.	Qualquer valor real positivo.
Abscissa do centro C_1	Abscissa do centro do feixe de condutores da primeira fase em metros.	Qualquer valor real.
Ordenada do centro C_1	Ordenada do centro do feixe de condutores da primeira fase em metros.	Qualquer valor real positivo.
Abscissa do centro C_2	Abscissa do centro do feixe de condutores da segunda fase em metros.	Qualquer valor real.
Ordenada do centro C_2	Ordenada do centro do feixe de condutores da segunda fase em metros.	Qualquer valor real positivo.

Abscissa do centro C_3	Abscissa do centro do feixe de condutores da terceira fase em metros.	Qualquer valor real.
Ordenada do centro C_3	Ordenada do centro do feixe de condutores da terceira fase em metros.	Qualquer valor real positivo.
Tensão base de operação da linha	Tensão base de operação da linha em kV.	Qualquer valor real positivo

A utilização do Código de Execução DLTF é exemplificada com o auxílio do sistema mostrado na Figura 2.4.

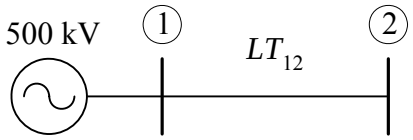


Figura 2.4: Sistema exemplo de duas barras

Para o sistema apresentado na Figura 2.4, os campos devem ser preenchidos conforme a seguir.

```
DLTF
1 2 1 1 1 0.883978e-3 0.0130244 300 2.959 0.739 3 0.067 1000 -8 20 0 25 8 20 500
FIM
```

Código de Execução DFCF

A partir da versão 1.9.1 existe a possibilidade de corrigir a resistência de alguns elementos com a frequência através de uma equação mais detalhada.

Nesta versão do programa existe somente uma equação que pode ser utilizada para a correção. Essa equação foi adotada como o modelo 1, como apresentada na equação (2.1)

$$R(f) = R(f_0)\left[A\left(\frac{f}{f_0}\right)^{Alfa} + B\left(\frac{f}{f_0}\right)^{Beta} + C \right] \qquad (2.1)$$

onde:

f_0 → frequência fundamental

$R(f_0)$ → Resistência na frequência fundamental informada nos dados de linhas de transmissão, transformadores de 2 enrolamentos ou máquinas.

Para equação (2.1), os campos desse código DFCF estão descritos a seguir:

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Identificador	Identificador dos fatores de correção com a frequência que será referenciado nos códigos de linhas de transmissão, transformadores de dois enrolamentos e máquinas.	Valor inteiro positivo.
Modelo	Representa a modelagem (equação) que será adotada para a correção com a frequência.	Nesta versão somente é possível utilizar o modelo 1.
Alfa	Valor do alfa da equação do modelo 1.	Valor real positivo.
Beta	Valor do beta da equação do modelo 1.	Valor real positivo.
A	Valor do A da equação do modelo 1.	Qualquer valor real.
B	Valor do B da equação do modelo 1.	Qualquer valor real.
C	Valor do C da equação do modelo 1.	Qualquer valor real entre 0 e 1, excluindo o 0 e o 1.

Para utilização do código DFCF, os campos devem ser preenchidos como no exemplo a seguir.

```
DFCF
%   Ident  Modelo    Alfa       Beta        A          B        C
      10     1      0.7316     0.7158    -1.243     1.549     0.6
      20     1      1.909      1.5        0.1431   -0.08121   0.91
      30     1      0.8802     0.8069    -0.8222    1.37      0.6
FIM
```

Na Listagem 2.1 e na Listagem 2.2 estão apresentados os arquivos de entrada completos dos sistemas exemplos de 6 e de 2 barras.

Listagem 2.1: Arquivo de entrada do sistema exemplo de 6 barras

```
DGERAIS
%
60.0000    750      0          0
%
DBAR
1  "Bar 1"    500.0   0     1         1
2  "Bar 2"    500.0   0     1         1
3  "Bar 3"    230.0   0     2         1
4  "Bar 4"    230.0   0     2         1
5  "Bar 5"     13.8   0     3         2
6  "Bar 6"     13.8   0     3         2
FIM
%
DGBT
1       500.0
2       230.0
3        13.8
FIM
%
DARE
1  Alta_Tensao
2  Baixa_Tensao
FIM
%
DMAQ
1   1
FIM
%
DLIN
3     4   1   1  0.833000  2.190000  0.093200  9   1
FIM
%
DTR2
4 230 0  6 13.8 -30 0 .1 500  1   1
FIM
%
DTR3
2  0.0  0.15  500.0  0.0  3  0.0  0.20  230.0  0.0 5  0.0  0.40
13.8  -30.0  750  1  1
FIM
%
DCRG
4   1   1   35.20  24.50    p
FIM
%
DEQP
1       2   1   1   0.000        0.38   0.00   s
4       0   1   1   0.000        0.00   6.67   s
5       0   1   1   0.000        0.00   3.00   s
5       0   2   1   150.0        82.0   0.00   s
6       0   1   1   0.100        3.81   0.00   p
FIM
%
DSRC
6  I  1  1
180.00       3.157000    0.0000
300.00      40.730000    0.0000
420.00      22.565000    0.0000
540.00       0.737000    0.0000
660.00      11.514000    0.0000
780.00       8.083000    0.0000
900.00       0.779000    0.0000
1020.00      2.568000    0.0000
1140.00      4.084000    0.0000
1260.00      0.568000    0.0000
1380.00      2.589000    0.0000
1500.00      2.231000    0.0000
FIMP
FIM
%
DCOF
```

```
EQP    6    0    0    1    10    0    0
FIM
DFCF
% Ident   Modelo    Alfa      Beta         A         B        C
    1       1      0.7316    0.7158     -1.243     1.549     0.6
    2       1      1.909      1.5       0.1431   -0.08121    0.91
    3       1      0.8802    0.8069    -0.8222      1.37     0.6
FIM
```

Listagem 2.2: Arquivo de entrada do sistema exemplo de 2 barras

```
DGERAIS
%
60.00    100.00  0  0
%
DGBT
%
1   500.00
FIM
%
DBAR
1  “Bar 1” 500.00   0.0   1   1
2  “Bar 2” 500.00   0.0   1   1
FIM
%
DLTF
1  2  1  1  1  0.883978e-3  0.0130244  300.0  2.959  0.739  3
0.067  1000  -8.0  20.0  0.0  25.0  8.0  20.0  500.0
FIM
%
DMAQ
1   1
FIM
```

3. Interface Gráfica do Programa HarmZs

Configuração do Programa

Na primeira vez em que o programa for executado, o usuário deverá definir algumas opções para o seu correto funcionamento. Para isto, o usuário deverá clicar em "**Configurações**", que se encontra no menu "**Editar**". Feito isto aparecerá a caixa de diálogo apresentada na Figura 3.1.

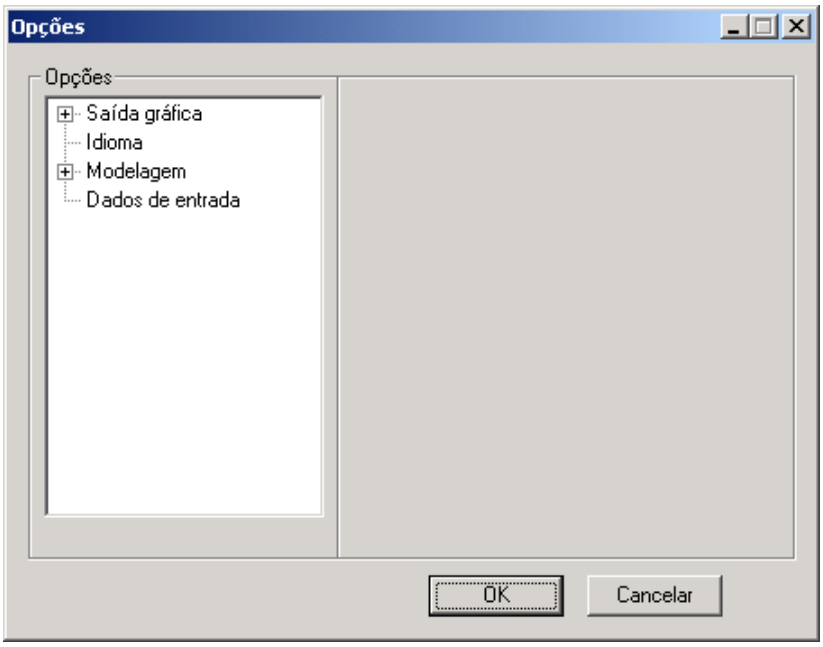


Figura 3.1:Diálogo de opções

Esta caixa permite ao usuário configurar a visualização gráfica dos resultados do aplicativo bem como o tipo de modelagem a ser utilizada para a rede elétrica além de possibilitar uma crítica de alguns dados de entrada.

O programa utilizado para a visualização é escolhido na opção "**Saída gráfica**", conforme mostrado na Figura 3.2.

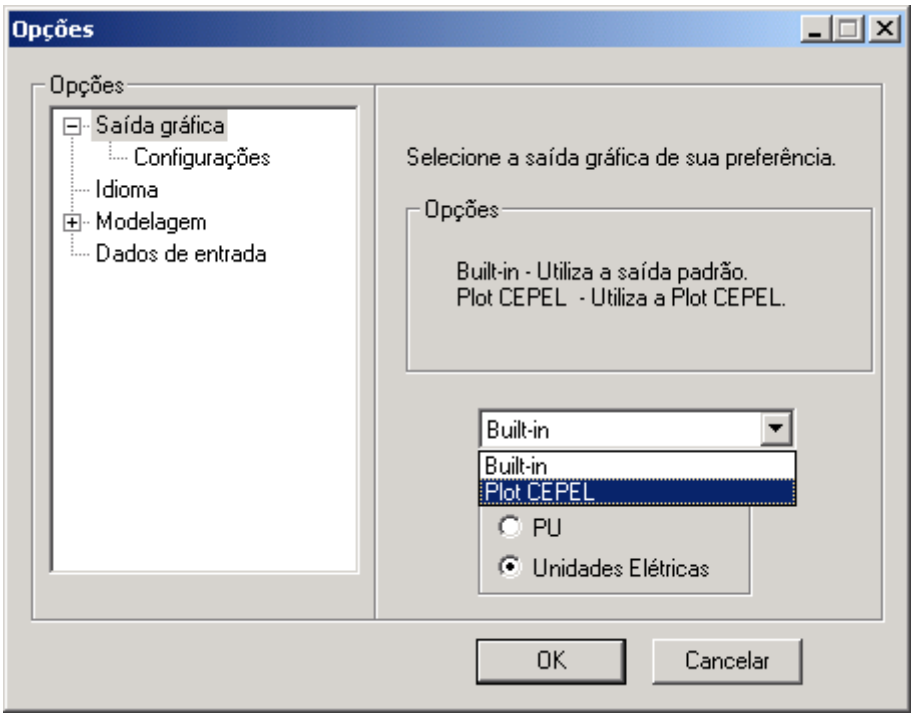


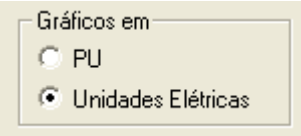
Figura 3.2: Opções para traçado de gráficos

Os dois tipos de programas de saída são os seguintes:

1. **Built-in** – É a configuração padrão de traçado de gráficos do HarmZs, onde os gráficos são gerados na própria tela do programa. É extremamente útil quando um grande número de casos deve ser analisado.

2. **Plot CEPEL** – Se o usuário tiver instalado em seu computador o programa Plot-CEPEL, esta opção pode ser habilitada e a visualização de dados passará a ser feita por este programa. Esta opção é útil para o traçado de curvas com alta qualidade gráfica.

Conforme descrito no item "**Exportação de Dados**" do Capítulo 4 (Ferramentas Gráficas) é possível exportar os pontos de um gráfico traçado na tela para arquivos nos formatos Excel (*.csv), Matlab (*.m) ou Plot CEPEL (*.plt). O arquivo de extensão "plt" pode ser visualizado graficamente de forma imediata no Plot CEPEL, bem como a planilha Excel referente ao arquivo de extensão "csv". A partir desta planilha, a visualização gráfica do arquivo pode ser feita facilmente utilizando alguns recursos do Excel. O arquivo de extensão "m" deve ser carregado no ambiente Matlab. Após ser carregado, todos os recursos matemáticos e gráficos do Matlab poderão ser utilizados para trabalhar os dados contidos nos arquivos.



Neste diálogo é possível configurar a saída gráfica do programa, ou seja, em qual unidade os resultados gráficos serão apresentados para o usuário, em unidades elétricas ou em PU. Essa opção também é válida para visualizar os dados de entrada através da interface de visualização e edição dos dados de entrada.

Toda vez que for aberto um novo arquivo de dados de entrada, este diálogo assumirá a opção descrita no campo **INTERFACE** do código de execução **DGERAIS** automaticamente.

Vale lembrar a diferença entre unidade dos dados de entrada e unidade da visualização gráfica dos resultados. A unidade dos dados de entrada é estabelecida através do campo **DADOS** encontrado no código **DGERAIS**, enquanto a unidade de visualização dos resultados gráficos é estabelecida através do campo **INTERFACE**. Logo, os dados de entrada podem ter unidade diferente da de visualização dos resultados. Por exemplo, os dados de entrada podem estar em pu e os gráficos podem ser visualizados em unidades elétricas. Neste caso, o campo **DADOS** estará preenchido com a opção **PU** e o campo **INTERFACE** com a opção **Unidades**.

A opção "**Configurações**" encontrada em "**Saída Gráfica**", como apresentada na Figura 3.3 permite ao usuário configurar algumas opções na interface gráfica. O campo "**Caminho do Editor de Textos**" permite a escolha do editor de textos da preferência do usuário para abertura de arquivos textos (por exemplo arquivos de formato hzs). O editor de textos padrão é o NOTEPAD. O item Erro! A origem da referência não foi encontrada. tem mais informações sobre esse campo.

O campo "**Gráfico de Barras**" permite a escolha do número máximo de freqüências por página em gráficos de barras de distorções ou correntes de penetração. A escolha do número máximo de freqüências é útil quando se deseja traçar em um mesmo gráfico as distorções de muitas barras ou as correntes de penetração em vários equipamentos. O valor padrão desse campo é 20 freqüências por página.

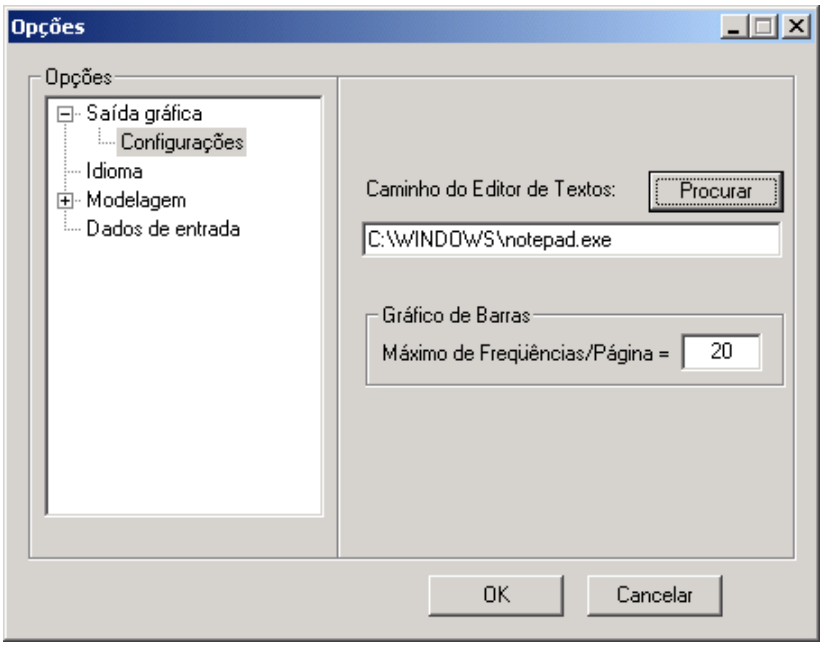


Figura 3.3: Opção de configurações da interface gráfica do programa.

Com a opção "**Idioma**", o usuário pode escolher o idioma do programa. Apenas o idioma português está disponibilizado nesta versão.

A opção "**Modelagem**" permite ao usuário escolher entre a modelagem pela formulação **Y(s)** [2]-[5] ou por **Sistema Descritores** [6]-[8], como pode ser visto na Figura 3.4.

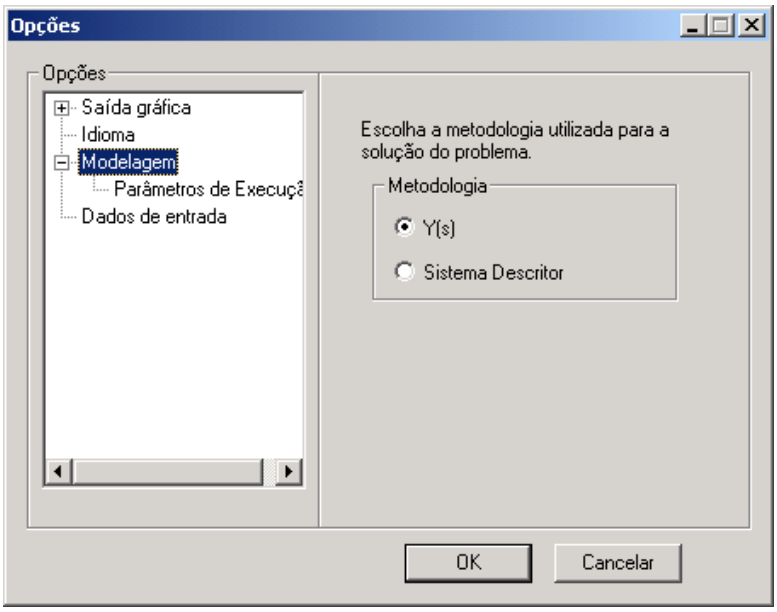


Figura 3.4: Modelagens

O quadro "**Parâmetros de Execução**" encontrada em "**Modelagem**" permite ao usuário configurar parâmetros do programa HarmZs.

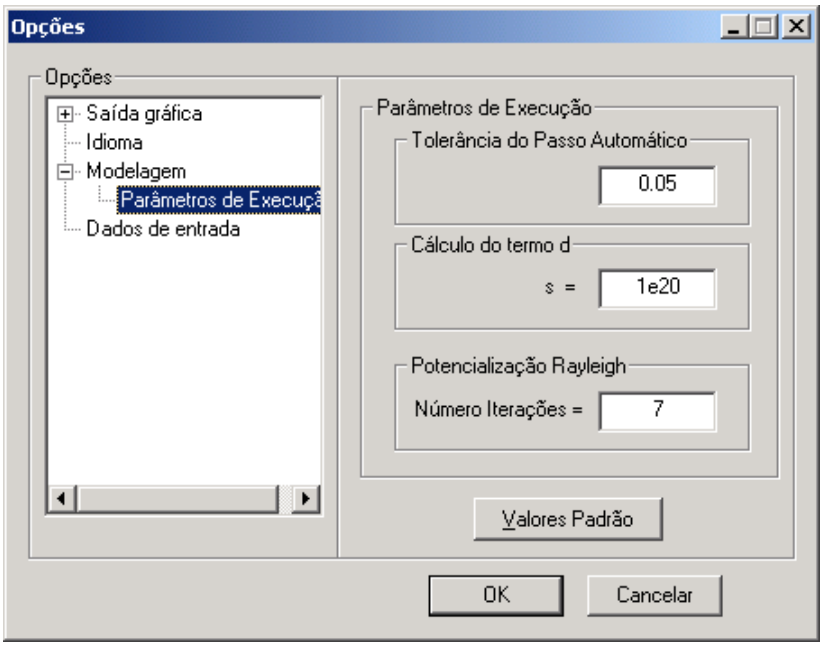


Figura 3.5:Parâmetros de execução.

O parâmetro "**Tolerância do Passo Automático**" é relativo à tolerância do método de passo automático para traçado de funções de transferência em função da freqüência. O valor padrão para esta tolerância é de 0.05 mas o usuário poderá mudá-la a seu critério.

O valor do parâmetro "**s**" encontrado em "**Cálculo do termo d**" é uma aproximação para a expressão [2]:

$$d = \lim_{s \to \infty} G(s) \qquad (3.1)$$

onde $G(s)$ é uma função de transferência qualquer. De acordo com (3.1), deverão ser utilizados valores grandes para s (maiores do que 1e5). No caso do usuário utilizar valores de s menores que 1e5, o aviso mostrado na Figura 3.6 será emitido.

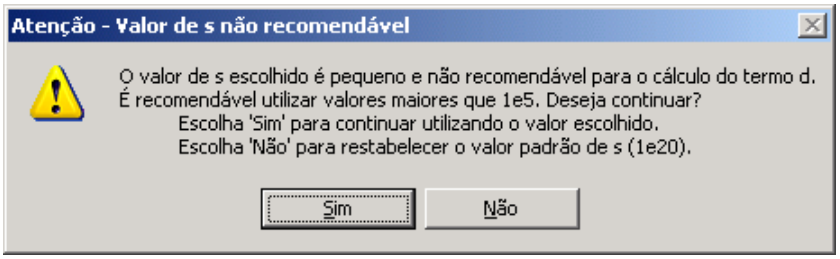

Atenção - Valor de s não recomendável
O valor de s escolhido é pequeno e não recomendável para o cálculo do termo d.
É recomendável utilizar valores maiores que 1e5. Deseja continuar?
Escolha 'Sim' para continuar utilizando o valor escolhido.
Escolha 'Não' para restabelecer o valor padrão de s (1e20).
Sim
Não

Figura 3.6: Aviso para mudança não recomendada para o valor de s no cálculo do termo d.

O parâmetro "**Número de Iterações**" encontrado em "**Potencialização Rayleigh**" é o número de iterações utilizado pelo método de Rayleigh, para cálculo de pólos e zeros, para melhorar a estimativa inicial dos autovetores a direita e a esquerda [2]. Deve-se observar que os valores padrão apresentados no quadro "**Parâmetros de Execução**" funcionam bem para a grande maioria dos casos, não sendo, em princípio, necessário modificá-los.

Para salvar essas alterações, basta clicar em "**OK**" que o novos valores serão carregados. Automaticamente, esses valores serão carregados nas próximas vezes que o programa HarmZs for iniciado. Para não alterar esses parâmetros, basta clicar em "**Cancelar**". Para voltar aos valores padrão será necessário clicar em "**Valores Padrão**" e depois em "**OK**". Todos esses procedimentos podem ser visualizados na Figura 3.5.

É importante ressaltar que o usuário poderá alterar estas configurações em qualquer momento da execução do programa, e que todas elas serão guardadas para posteriores execuções.

A opção "**Dados de Entrada**" permite ao usuário escolher algumas verificações que serão realizadas ao carregar um arquivo de dados de entrada. Esta opção é apresentada na Figura 3.7.

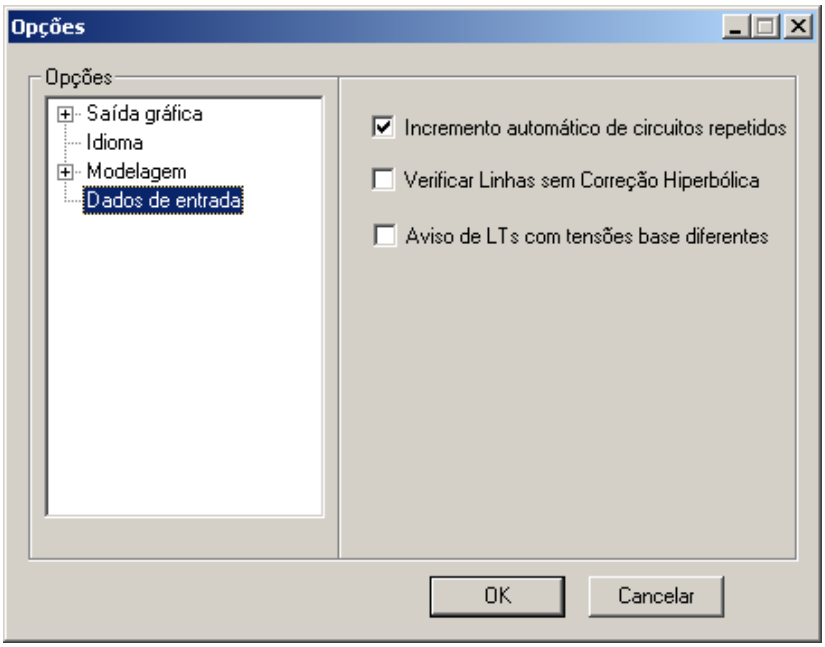


Figura 3.7: Diálogo da opção de crítica dos dados de entrada.

Caso existam elementos conectados entre as mesmas barras e os números de identificação do circuito de dois ou mais destes elementos forem iguais, a ativação do item "**Incremento automático de circuitos repetidos**" modifica automaticamente os números de identificação repetidos. Considere, por exemplo, o circuito mostrado na Figura 2.1, com os elementos conectados entre a barra 5 e a terra (capacitor de 3 μF e circuito RL com resistência e reatância de 150 Ω e 82 Ω, respectivamente) com números de identificação iguais a 1. Logo o código DEQP terá o seguinte aspecto:

```
DEQP
1    2    1    1     0.0     0.38    0.00    s
4    0    1    1     0.0     0.00    6.67    s
5    0    1    1     0.0     0.00    3.00    s
5    0    1    1   150.0    82.00    0.00    s
6    0    1    1     0.1     3.81    0.00    p
FIM
```

Neste caso o programa emitirá uma mensagem de aviso no relatório de leitura de dados, conforme apresentada na Figura 3.8.

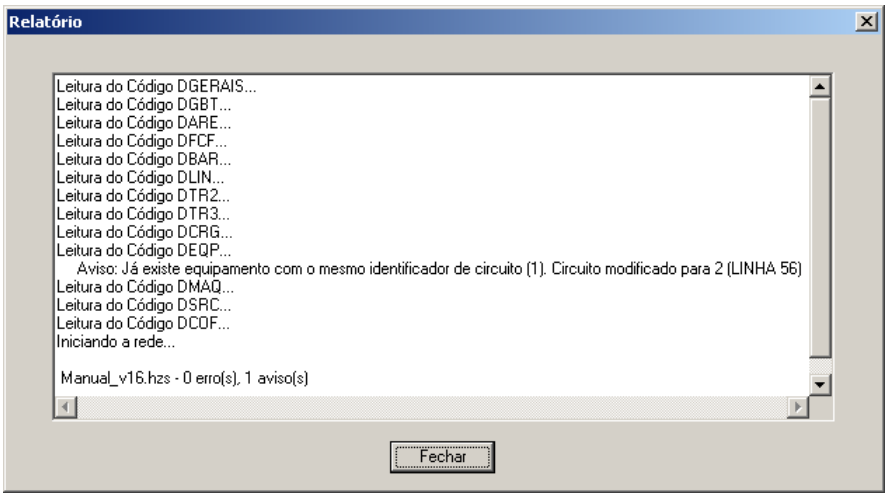

Relatório
Leitura do Código DGERAIS...
Leitura do Código DGBT...
Leitura do Código DARE...
Leitura do Código DFCF...
Leitura do Código DBAR...
Leitura do Código DLIN...
Leitura do Código DTR2...
Leitura do Código DTR3...
Leitura do Código DCRG...
Leitura do Código DEQP...
Aviso: Já existe equipamento com o mesmo identificador de circuito (1). Circuito modificado para 2 (LINHA 56)
Leitura do Código DMAQ...
Leitura do Código DSRC...
Leitura do Código DCOF...
Iniciando a rede...
Manual_v16.hzs - 0 erro(s), 1 aviso(s)
Fechar

Figura 3.8: Mensagem de aviso de elementos com números de identificador de circuitos iguais.

Conforme pode ser observado, o programa encontrou os dois equipamentos com o mesmo número de identificador de circuito e alterou o do segundo para 2. Se agora o usuário salvar o arquivo de dados, utilizando o comando "**Salvar**" do menu "**Arquivo**", conforme mostrado na Figura 3.9, ele poderá visualizar a alteração que o programa realizou no código DEQP, como mostrado a seguir:

```
DEQP
1    2    1    1    0.0     0.38    0.00    s
4    0    1    1    0.0     0.00    6.67    s
5    0    1    1    0.0     0.00    3.00    s
5    0    2    1  150.0    82.00    0.00    s
6    0    1    1    0.1     3.81    0.00    p
FIM
```

No caso do item "**Incremento automático de circuitos repetidos**" estar desativado, o programa emitirá um erro no relatório de leitura de dados, conforme apresentada na Figura 3.10.

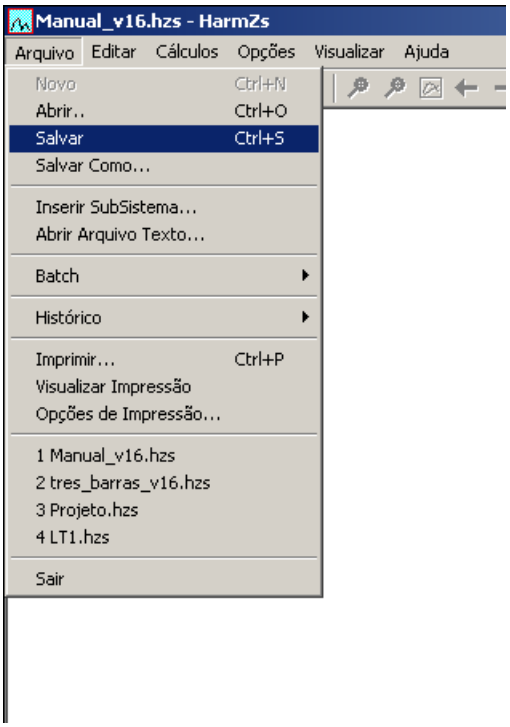


Figura 3.9: Menu para salvar um caso.

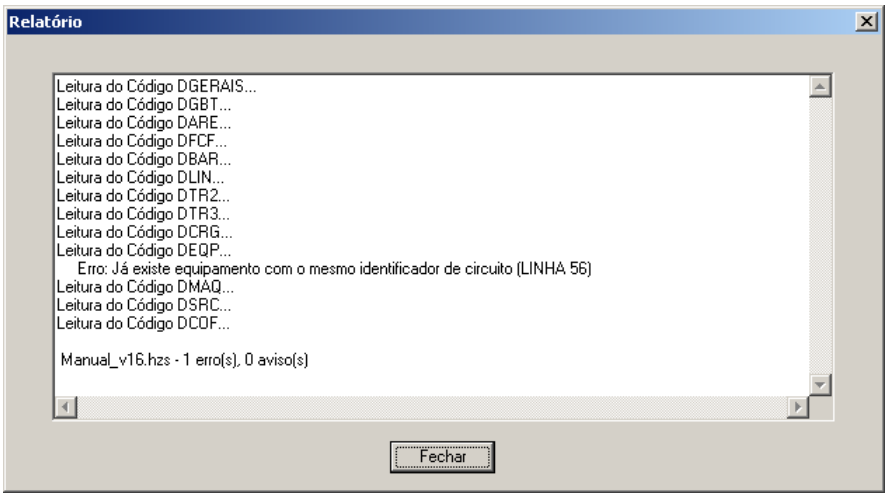

Relatório
Leitura do Código DGERAIS...
Leitura do Código DGBT...
Leitura do Código DARE...
Leitura do Código DFCF...
Leitura do Código DBAR...
Leitura do Código DLIN...
Leitura do Código DTR2...
Leitura do Código DTR3...
Leitura do Código DCRG...
Leitura do Código DEQP...
Erro: Já existe equipamento com o mesmo identificador de circuito (LINHA 56)
Leitura do Código DMAQ...
Leitura do Código DSRC...
Leitura do Código DCOF...
Manual_v16.hzs - 1 erro(s), 0 aviso(s)
Fechar

Figura 3.10: Mensagem de erro de elementos com números de identificador de circuitos iguais.

A ativação da opção "**Incremento automático de circuitos repetidos**" modifica automaticamente os números de identificação repetidos para todos os códigos de elementos de rede (linhas, transformadores, cargas, equipamentos e motores), com exceção do código DMAQ. No programa HarmZs em cada barra só pode haver uma máquina (fonte de tensão) conectada. Caso o usuário deseje conectar um conjunto de mais de uma máquina em uma barra, deverá fazer o seu equivalente. No código DSRC de fontes harmônicas, a modificação automática dos números de identificação repetidos é feita independentemente da opção "**Incremento automático de circuitos repetidos**" estar ativada ou não.

O item "**Verificar Linhas sem Correção Hiperbólica**" permite a verificação da existência de linhas de transmissão no arquivo de dados de entrada que não tem correção hiperbólica. Logo, com essa opção estabelecida, avisos para linhas com número de pis diferentes de zero serão emitidos. Um exemplo desse aviso é apresentado na Figura 3.11. As barra DE e PARA , o número do circuito e o número de pis são informados na mensagem.

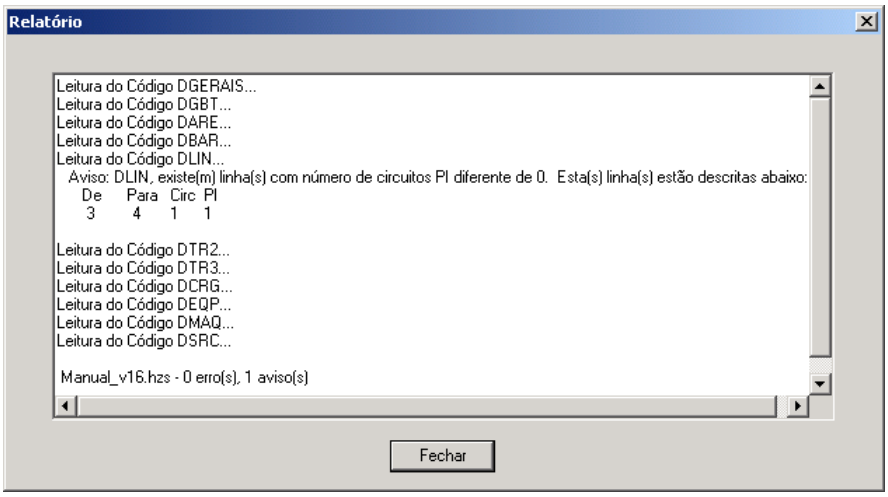

Relatório
Leitura do Código DGERAIS...
Leitura do Código DGBT...
Leitura do Código DARE...
Leitura do Código DBAR...
Leitura do Código DLIN...
Aviso: DLIN, existe(m) linha(s) com número de circuitos PI diferente de 0. Esta(s) linha(s) estão descritas abaixo:
De Para Circ PI
3 4 1 1
Leitura do Código DTR2...
Leitura do Código DTR3...
Leitura do Código DCRG...
Leitura do Código DEQP...
Leitura do Código DMAQ...
Leitura do Código DSRC...
Manual_v16.hzs - 0 erro(s), 1 aviso(s)
Fechar

Figura 3.11: Aviso para linhas sem correção hiperbólica no arquivo de dados de entrada.

O item "**Aviso de LTs com tensões base diferentes**" permite a verificação e a emissão de avisos da existência de linhas de transmissão no arquivo de dados de

entrada cujas barras terminais possuem tensões base diferentes. Um exemplo desse aviso é apresentado na Figura 3.12.

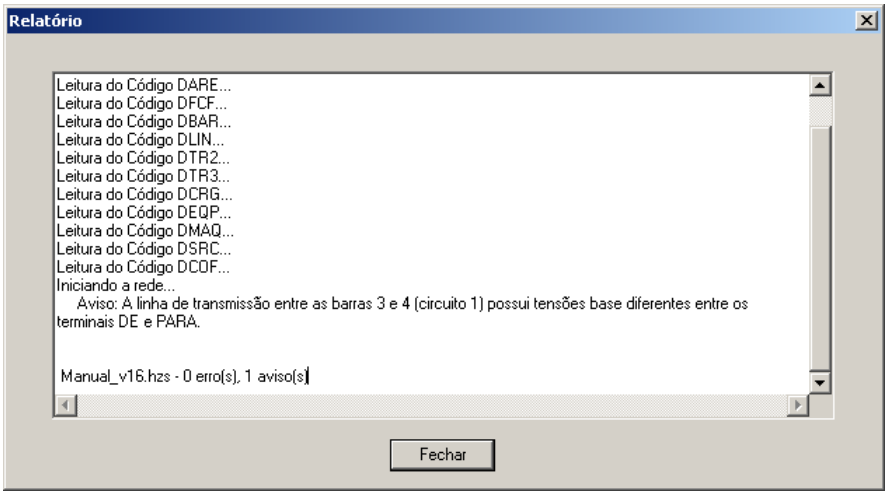

Relatório
Leitura do Código DARE...
Leitura do Código DFCF...
Leitura do Código DBAR...
Leitura do Código DLIN...
Leitura do Código DTR2...
Leitura do Código DTR3...
Leitura do Código DCRG...
Leitura do Código DEQP...
Leitura do Código DMAQ...
Leitura do Código DSRC...
Leitura do Código DCOF...
Iniciando a rede...
Aviso: A linha de transmissão entre as barras 3 e 4 (circuito 1) possui tensões base diferentes entre os terminais DE e PARA.
Manual_v16.hzs - 0 erro(s), 1 aviso(s)
Fechar

Figura 3.12: Aviso para linhas com barras terminais com tensões base diferentes.

Como será visto no item **Abertura de um Caso**, no programa HarmZs, além da opção para a entrada de dados através da leitura de arquivos no formato hzs, também existe a opção através da leitura de arquivos do tipo SAVECASE (arquivos históricos) provenientes do programa de fluxo de potência ANAREDE. Neste caso, todos os dados estarão em pu, calculados em bases coerentes. Apesar disto, é comum os usuários que montam estes arquivos de fluxo de potência não preencherem corretamente os dados de grupos base de tensão (ou deixá-los em branco o que faz com que o programa ANAREDE assuma o grupo base padrão). Note que isto não interfere nos cálculos de fluxo de potência nem nos cálculos realizados pelo programa HarmZs, desde que a saída gráfica esteja em pu. Caso o usuário desejar que a saída gráfica esteja em unidades elétricas, os resultados estarão errados caso as barras escolhidas estejam com seus grupos base errados.

No caso de arquivos do tipo SAVECASE, o incremento automático de circuitos repetidos é feito independentemente da opção "**Incremento automático de circuitos repetidos**" estar ou não selecionada, já que a verificação da repetição de circuitos é feita pelo programa ANAREDE.

A opção "**Verificar Linhas sem Correção Hiperbólica**" só é válida para leitura de arquivos no formato hzs, já que o número de pis é um parâmetro a ser escolhido pelo usuário no diálogo de leitura de arquivos ANAREDE.

A opção "**Aviso de LTs com tensões base diferentes**" é válida para os dois tipos de leitura, tanto de arquivos no formato hzs quanto de arquivos SAVECASE. Vale observar que ao ativar essa opção, os avisos de linhas de transmissão com tensões base diferentes serão apresentados ao usuário toda vez que o diálogo de visualização e edição de dados de entrada for fechado. Este diálogo será visto no item **Interface Gráfica para Visualização e Edição de Dados de Entrada**.

Abertura de um Caso

No programa HarmZs existe a opção para a entrada de dados através da leitura de arquivos no formato hzs. Também existe a opção através da leitura de arquivos do tipo SAVECASE (arquivos históricos) gerados pelo programa ANAREDE e adicionamente arquivos do formato stb do ANATEM para a consideração das resistências de armadura e das reatâncias sub-transitórias das máquinas.

Abertura de um Arquivo no Formato hzs

Para abrir um arquivo no formato hzs, o usuário deve, primeiramente, criá-lo conforme descrito no Capítulo 2 através de um editor de texto. Depois do arquivo criado o usuário deve carregá-lo através do comando "**Abrir**" do menu "**Arquivo**", conforme apresentado na Figura 3.13. Ao acessar o comando "**Abrir**", o diálogo da Figura 3.14 será apresentado para que o usuário procure e escolha o arquivo de extensão hzs desejado.

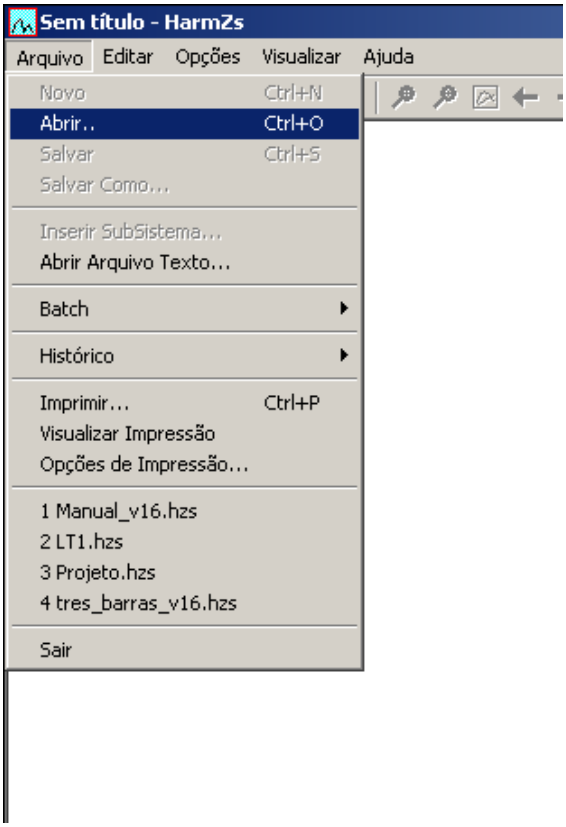


Figura 3.13: Abrindo um caso

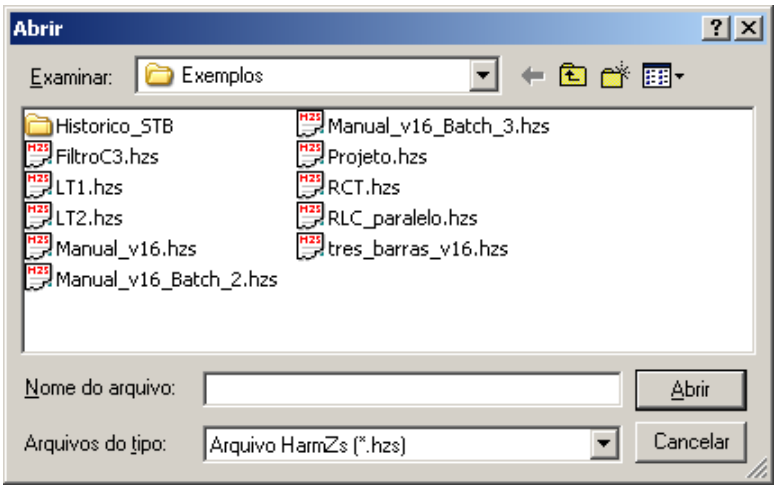


*Figura 3.14: Diálogo para escolha do arquivo *.hzs.*

Como apresentado no item "Código de Execução DGERAIS", o código com os dados gerais do arquivo hzs sofreu algumas alterações a partir da versão 1.6. Essas alterações não impedem que os arquivos das versões anteriores à versão 1.6 (1.5.a, 1.5, 1.4, etc) sejam carregados. Para carregar esses arquivos basta que o usuário escolha a opção "**Anterior HarmZs v 1.5.x (*.hzs)**" na janela "**Arquivos do tipo**" como apresentado na Figura 3.15.

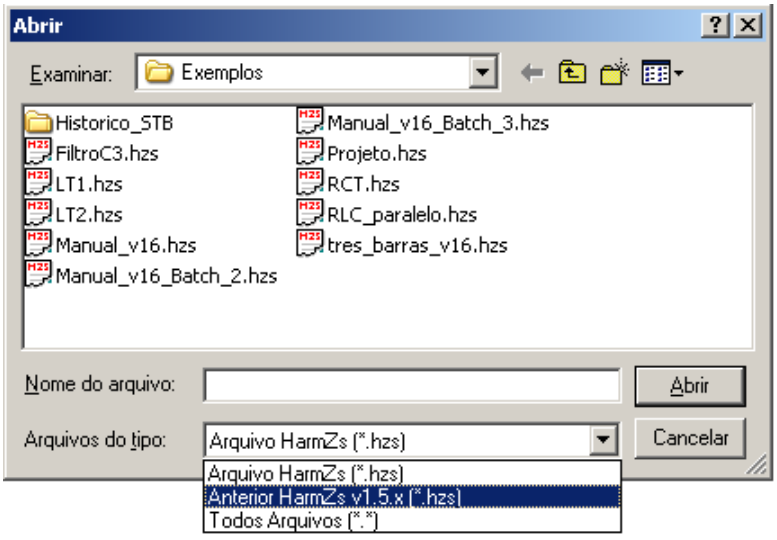


Figura 3.15: Diálogo para abertura de arquivos hzs anteriores à versão 1.6.

Caso o arquivo não apresente inconsistência de dados, uma mensagem de êxito será apresentada ao clicar no botão "**Abrir**". A Figura 3.16 ilustra esta mensagem.

Figura 3.16: Mensagem de êxito

Caso o programa interprete os dados como inconsistentes, mensagens de aviso e/ou de erro serão apresentadas ao usuário. O código, a linha e, em certos casos, o valor do campo onde foram detectadas as inconsistências serão mostrados. Deste modo, o usuário poderá alterar o arquivo de dados de acordo com as mensagens exibidas utilizando um editor de textos. Alguns exemplos de mensagens estão apresentadas na Figura 3.17 a seguir.

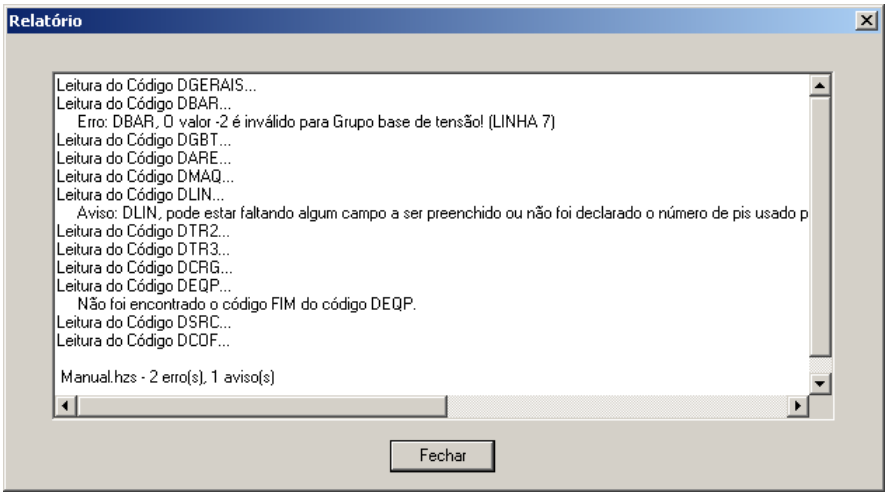

Relatório
Leitura do Código DGERAIS...
Leitura do Código DBAR...
Erro: DBAR, O valor -2 é inválido para Grupo base de tensão! (LINHA 7)
Leitura do Código DGBT...
Leitura do Código DARE...
Leitura do Código DMAQ...
Leitura do Código DLIN...
Aviso: DLIN, pode estar faltando algum campo a ser preenchido ou não foi declarado o número de pis usado p
Leitura do Código DTR2...
Leitura do Código DTR3...
Leitura do Código DCRG...
Leitura do Código DEQP...
Não foi encontrado o código FIM do código DEQP.
Leitura do Código DSRC...
Leitura do Código DCOF...
Manual.hzs - 2 erro(s), 1 aviso(s)
Fechar

Figura 3.17: Mensagens de erros e avisos para inconsistência de dados

Depois de lidos os dados, o usuário poderá visualizar rapidamente quantas barras possui o caso, quantas linhas existem, a conectividade do sistema e se existe alguma barra flutuante (DESATIVADA), etc. Para isto, deve-se acessar o comando "**Dados do Caso**" no menu "**Editar**". Os dados do caso serão mostrados conforme a Figura 3.18 onde pode-se também visualizar o nome da barra, o seu respectivo número, o módulo da tensão na barra (em kV ou pu) e a qual ilha do sistema (subsistema) essa barra pertence.

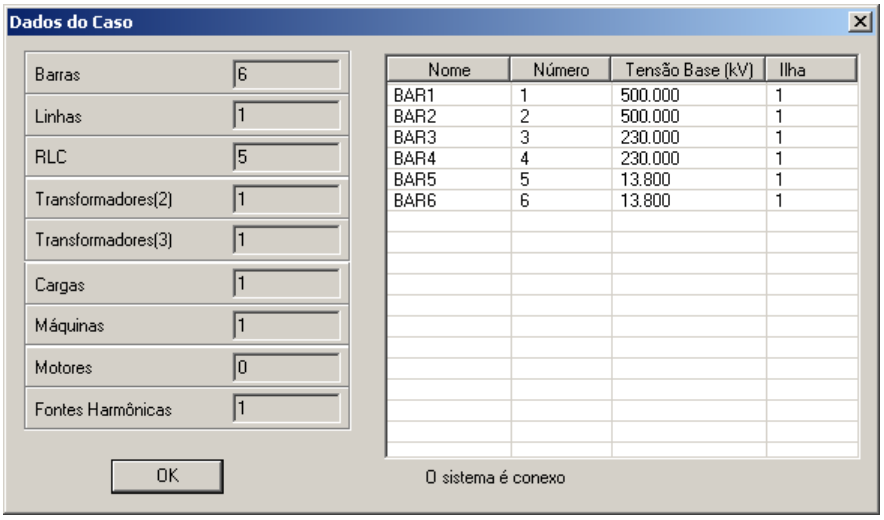


Figura 3.18: Dados do caso

O usuário também poderá visualizar todo o arquivo de formato hzs lido utilizando um editor de texto. Para isto, deve-se acessar o comando "**Editar**

Caso" no menu "**Editar**". O editor de textos padrão é o NOTEPAD, sendo que o usuário poderá escolher um editor de texto de sua preferência para visualizar o arquivo. Para mudar o editor de texto deve-se acessar o comando "**Configurações**" no menu "**Editar**" conforme mostrado na Figura 3.19. Vale lembrar que uma vez mudado, o programa salva as configurações para o novo editor escolhido.

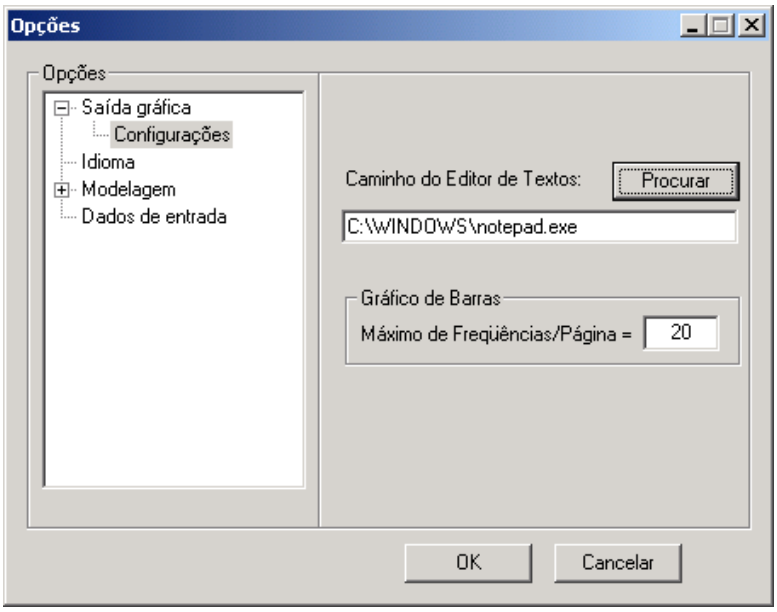


Figura 3.19 : Configuração do editor de textos

O usuário ainda poderá visualizar o arquivo antes mesmo de carregá-lo. Para isto, deve-se acessar o comando "**Abrir Arquivo Texto**" no menu "**Arquivo"** conforme mostrado na Figura 3.20.

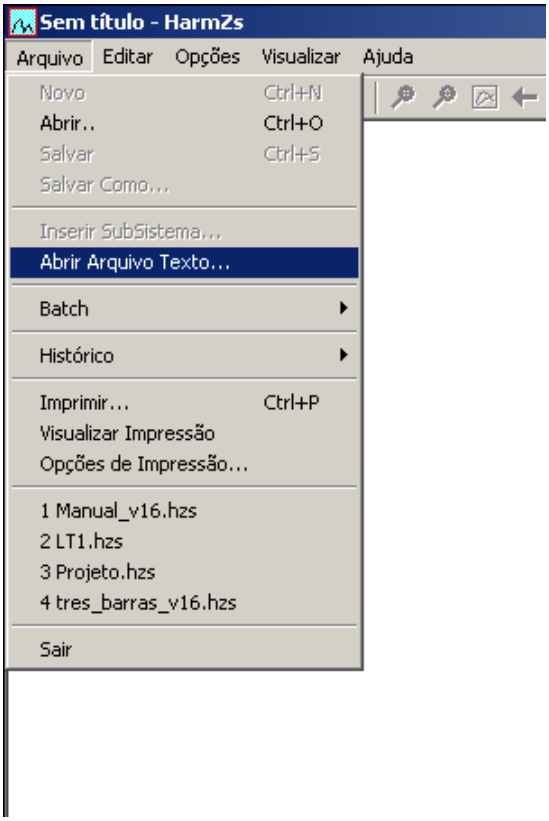


Figura 3.20 : Abertura de arquivo texto antes de carregar os dados

Abertura de Arquivos Histórico e STB

Esta versão do programa HarmZs permite a leitura de arquivos do tipo SAVECASE (arquivos históricos) gerados pelo programa ANAREDE e, adicionalmente, de arquivos no formato de dados dinâmicos do programa ANATEM (extensão stb). Estas facilidades de leitura objetivam o aproveitamento de dados de componentes de rede. Dos arquivos SAVECASE são aproveitados os dados de bancos de capacitores e indutores, cargas, transformadores, linhas de transmissão, etc. Por outro lado, dos arquivos de dados dinâmicos são aproveitados os dados de resistência de armadura e de reatância subtransitória das máquinas.

Deve-se observar que um arquivo stb sempre faz referência a um arquivo histórico e a qual caso de fluxo de potência, gravado neste histórico, é compatível com o número de máquinas especificado no arquivo stb. Além do arquivo histórico, o arquivo stb também pode fazer referência a arquivos de modelos que contenham dados das máquinas do sistema em estudo. Assim, é possível que os dados de uma máquina (nº de unidades, resistência de armadura, reatância subtransitória e base de potência de uma unidade) estejam todos dentro do arquivo stb e os de outra máquina uma parte no arquivo stb (nº de unidades) e outra parte (resistência de armadura, reatância subtransitória e base de potência de uma unidade) em um arquivo de modelos, por exemplo, de extensão blt. Todos os arquivos de modelos referenciados no arquivo stb são automaticamente lidos pelo HarmZs.

Na Figura 3.21 está mostrado o procedimento para abrir um arquivo histórico. Para isto, o usuário deve utilizar a opção "**Abrir...**" encontrada no submenu "**Histórico...**" do menu "**Arquivo**".

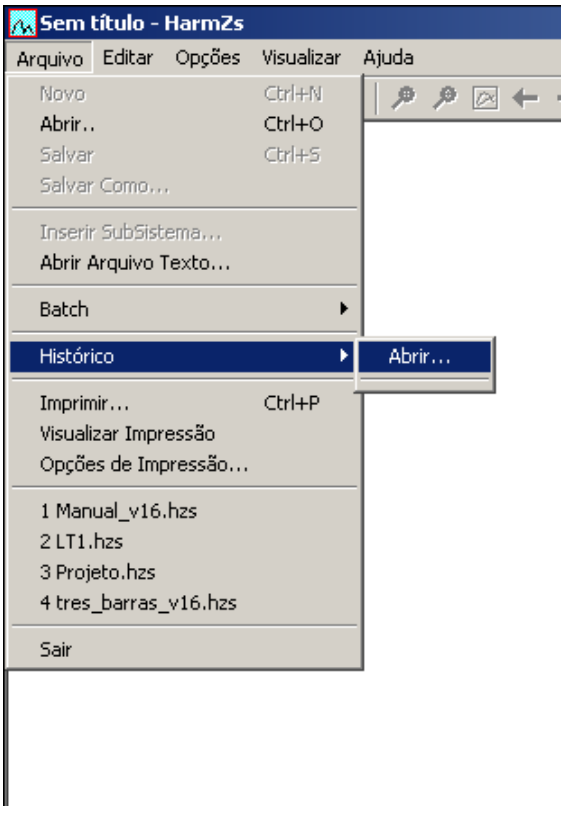


Figura 3.21: Abertura de um arquivo histórico

Depois de clicar na opção "**Abrir...**", a caixa de diálogos apresentada na Figura 3.22 será aberta. Para escolher os arquivos histórico e stb basta clicar nos respectivos botões "**Procurar...**". O diretório onde se encontram os arquivos mostrados na Figura 3.22 é criado quando se instala o programa HarmZs.

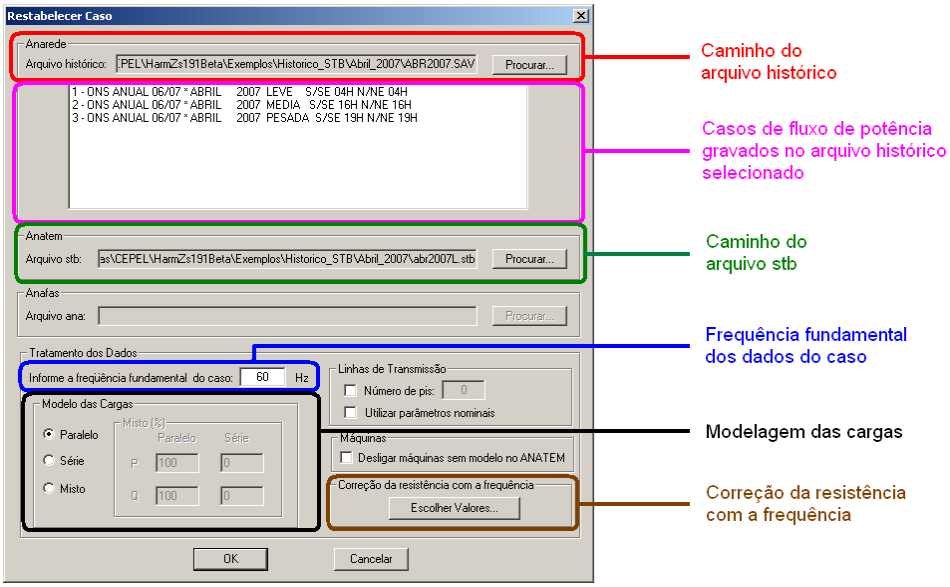


Figura 3.22: Escolha dos arquivos histórico e stb

É possível escolher a correção com a frequência da resistência de linhas de transmissão, transformadores de 2 enrolamentos e/ou máquinas. Para isto basta selecionar o botão "**Escolher Valores**" que o diálogo da Figura 3.23 será apresentado.

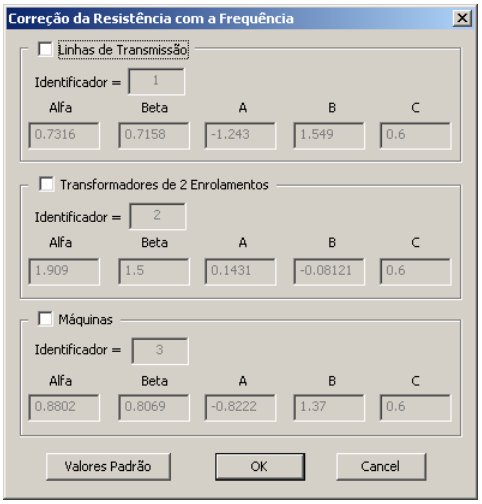


Figura 3.23: Opção de correção com a frequência da resistência de LTs, transformadores de 2 enrolamentos e/ou máquinas

Note que, de acordo com a Figura 3.23, a opção de correção da resistência com a frequência ainda não está selecionada para nenhum dos três elementos (linhas de transmissão, transformadores de 2 enrolamentos e máquinas). Para que esta correção seja feita, deve-se escolher o elemento que se quer corrigir ativando-se o seu "*radio button*" e em seguida escolher os campos disponíveis, como apresentado no Código de Execução DFCF.

O diálogo com essas opções ativadas e seus respectivos valores está apresentado na Figura 3.24. Note que o programa fornece valores padrão para os campos "Alfa", "Beta", "A", "B" e "C". Estes valores foram obtidos em função de cálculos realizados ou informações disponíveis na literatura técnica para ajustar os comportamentos da resistência em função da frequência para a faixa de 0 a 3000 Hz (50º harmônico) [16]. Estes valores fornecidos podem ser modificados pelo usuário.

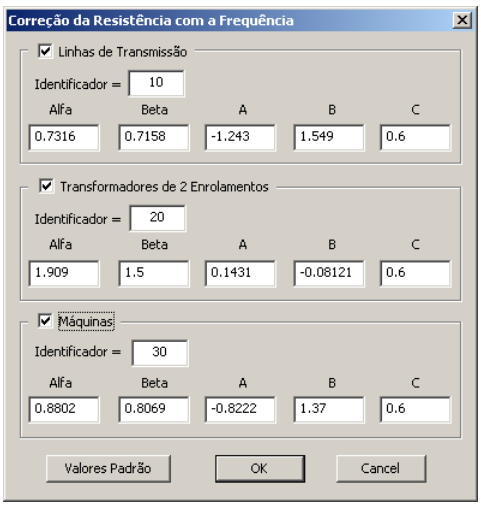


Figura 3.24: Valores para correção com a frequência da resistência de linhas de transmissão, transformadores de 2 enrolamentos e máquinas escolhidos

Para fazer a extração de dados basta escolher um caso de fluxo de potência e clicar "**OK**". Depois de feita a extração de dados o programa emitirá um relatório como pode ser visto na Figura 3.25.

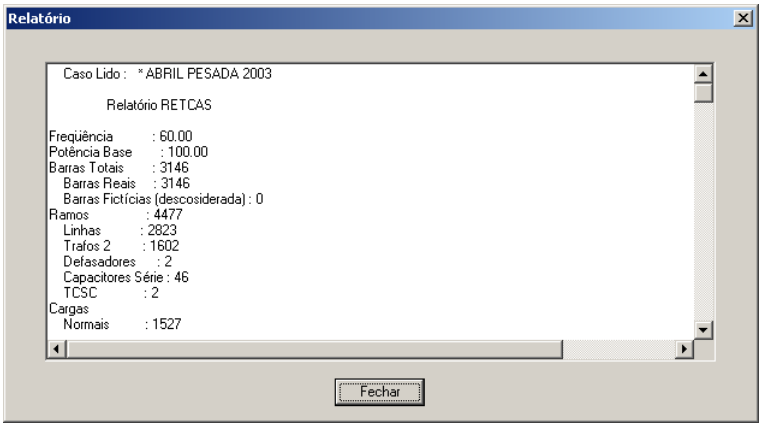


Figura 3.25: Relatório de leitura dos arquivos histórico e stb

Caso alguma máquina não possua dados no arquivo stb ou em um arquivo nele referenciado, o programa emitirá um aviso no relatório de leitura e estas máquinas sem modelos serão consideradas desligadas.

Caso o arquivo stb não seja especificado, todas as máquinas serão consideradas desligadas. O usuário deverá salvar os dados lidos no formato hzs e completar manualmente estes dados.

Para se garantir uma correta extração dos dados das máquinas, TODOS os arquivos referenciados no stb devem existir.

Quando o nome do arquivo histórico ou o caso de fluxo de potência escolhido pelo usuário não for o mesmo referenciado no arquivo stb, o programa HarmZs emitirá um aviso. Observe que nestes casos o número de máquinas geralmente não está compatível com as potências despachadas pelo fluxo de potência. Na Figura 3.26 o usuário selecionou o arquivo histórico exemplo2.sav e restabeleceu o caso 4. Ele também selecionou o arquivo de dados dinâmicos de máquinas exemplo1.stb.

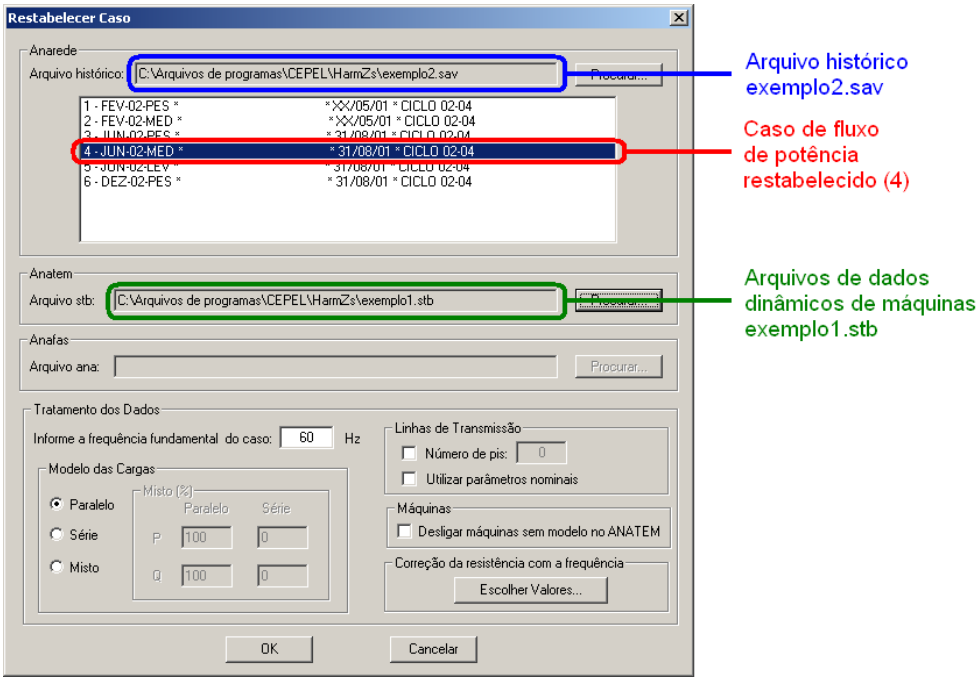


*Figura 3.26:*Seleção do arquivo histórico, caso de fluxo de potência e arquivo stb

Na Figura 3.27 está mostrado o trecho do arquivo stb selecionado. Como pode ser observado, o nome do arquivo histórico referenciado é exemplo1.sav e o caso de fluxo de potência a ser restabelecido é o de número 2. Portanto o nome do arquivo histórico e o caso de fluxo de potência, selecionados pelo usuário, são diferentes dos respectivos nome e caso referenciados no arquivo exemplo1.stb. Nesta situação, o programa HarmZs emitirá no relatório de leitura os avisos mostrados Na Figura 3.28. Estes avisos podem ocorrer simultaneamente, como neste caso, ou apenas um deles, dependendo da seleção do usuário e do que está especificado no arquivo stb.

Deve-se observar que estes avisos não impedem a leitura dos arquivos histórico e stb, ou seja, uma rede será montada pelo programa HarmZs. Esta rede poderá não corresponder exatamente ao que o usuário pretendia e, portanto, uma análise posterior do arquivo hzs, gerado pelo HarmZs, é recomendada.

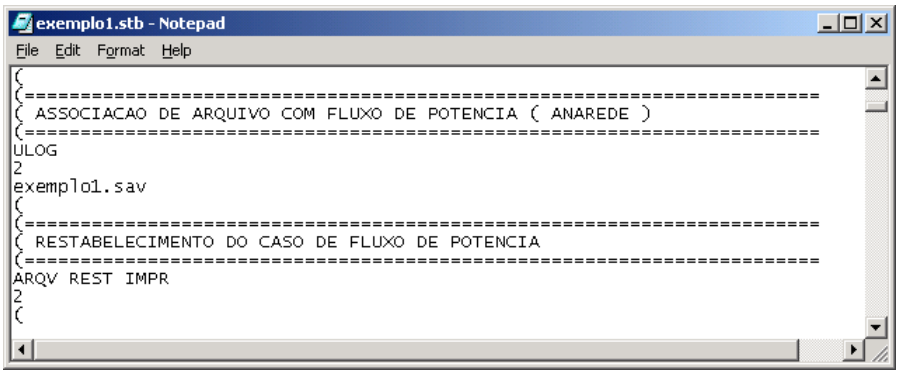


Figura 3.27: Trecho do arquivo exemplo1.stb

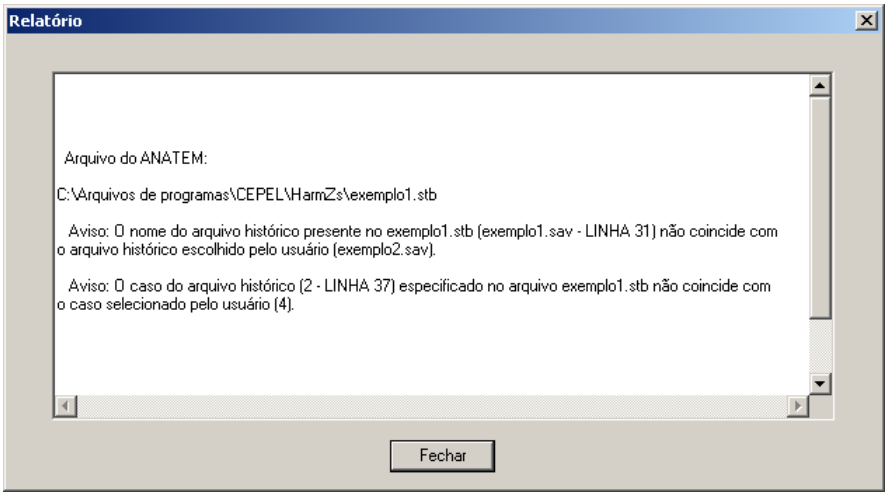

Relatório
Arquivo do ANATEM:
C:\Arquivos de programas\CEPEL\HarmZs\exemplo1.stb
Aviso: O nome do arquivo histórico presente no exemplo1.stb (exemplo1.sav - LINHA 31) não coincide com o arquivo histórico escolhido pelo usuário (exemplo2.sav).
Aviso: O caso do arquivo histórico (2 - LINHA 37) especificado no arquivo exemplo1.stb não coincide com o caso selecionado pelo usuário (4).
Fechar

Figura 3.28: Avisos referentes à seleção do arquivo histórico, caso de fluxo de potência e arquivo stb

Possíveis Avisos Após Leitura dos Arquivos Histórico e STB

Além dos avisos citados anteriormente, a leitura dos arquivos histórico e stb pode fazer com que o programa HarmZs emita avisos relativos aos dados de linhas de transmissão, de máquinas e de equipamentos FACTS, conforme descrito a seguir.

Avisos Relativos aos Dados de Linhas de Transmissão

Durante a leitura dos dados de rede de arquivos do Anarede, o programa HarmZs verifica a existência de linhas de transmissão com valores negativos para a reatância longitudinal. Ao encontrar uma linha com esse valor negativo um aviso é apresentado para alertar o usuário e solicitar que ele escolha uma opção. Esse aviso é apresentado na Figura 3.29.

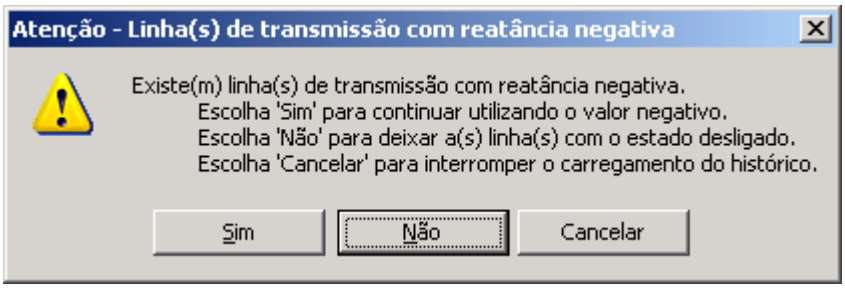

Atenção - Linha(s) de transmissão com reatância negativa
Existe(m) linha(s) de transmissão com reatância negativa.
Escolha 'Sim' para continuar utilizando o valor negativo.
Escolha 'Não' para deixar a(s) linha(s) com o estado desligado.
Escolha 'Cancelar' para interromper o carregamento do histórico.
Sim
Não
Cancelar

Figura 3.29: Aviso de linha de transmissão com reatância negativa encontrada.

Diante desse aviso, o usuário tem 3 possibilidades.

A primeira é escolher a opção **Sim** e continuar utilizando o valor negativo encontrado para a reatância. Ao escolher essa opção, no relatório emitido constará a mensagem indicando qual linha encontrada tem reatância com valor negativo , como apresentado na Figura 3.30.

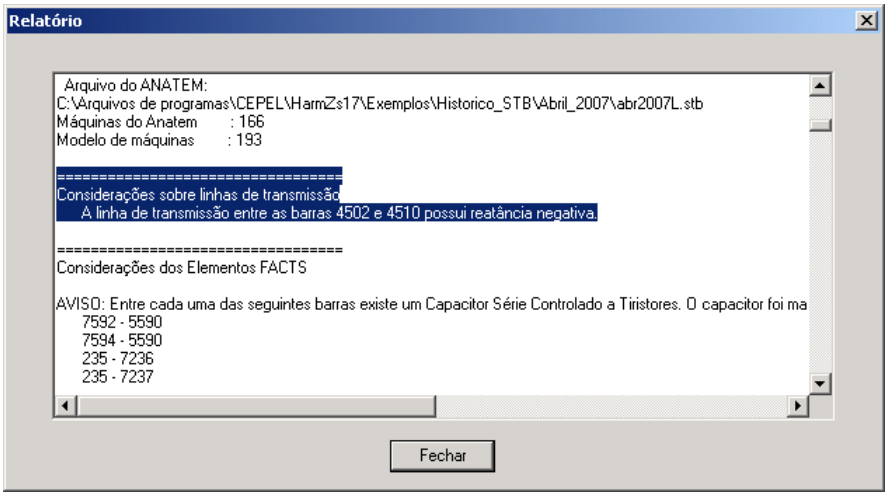

Relatório
Arquivo do ANATEM:
C:\Arquivos de programas\CEPEL\HarmZs17\Exemplos\Historico_STB\Abril_2007\abr2007L.stb
Máquinas do Anatem : 166
Modelo de máquinas : 193
Considerações sobre linhas de transmissão
A linha de transmissão entre as barras 4502 e 4510 possui reatância negativa.
Considerações dos Elementos FACTS
AVISO: Entre cada uma das seguintes barras existe um Capacitor Série Controlado a Tiristores. O capacitor foi ma
7592 - 5590
7594 - 5590
235 - 7236
235 - 7237
Fechar

Figura 3.30: Aviso após escolher a opção Sim para continuar utilizando o valor negativo da reatância da linha.

A segunda possibilidade é escolher a opção **Não** (padrão) para deixar as linhas que têm valores negativos de reatância desligadas. Neste caso o valor negativo permanece no dado de reatância mas a linha não entra nos cálculos do programa

pois seu estado é desligado. A mensagem indicando qual linha tem valor negativo e que seu estado é desligado (em letras maiúsculas) é apresentada na Figura 3.31.

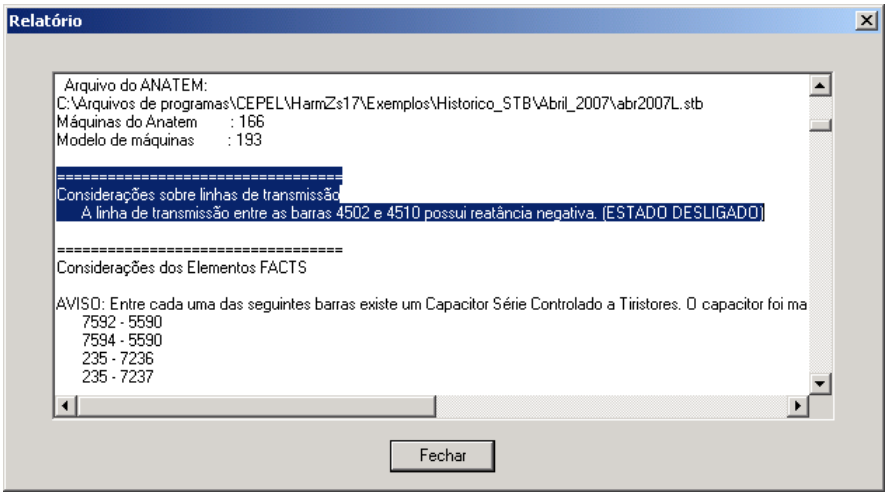

Relatório
Arquivo do ANATEM:
C:\Arquivos de programas\CEPEL\HarmZs17\Exemplos\Historico_STB\Abril_2007\abr2007L.stb
Máquinas do Anatem : 166
Modelo de máquinas : 193
==========
Considerações sobre linhas de transmissão
A linha de transmissão entre as barras 4502 e 4510 possui reatância negativa. (ESTADO DESLIGADO)
==========
Considerações dos Elementos FACTS
AVISO: Entre cada uma das seguintes barras existe um Capacitor Série Controlado a Tiristores. O capacitor foi ma
7592 - 5590
7594 - 5590
235 - 7236
235 - 7237
Fechar

Figura 3.31: Aviso após escolher a opção Não para desligar as linhas que possuem reatância com valor negativo.

A terceira possibilidade é escolher a opção **Cancelar**. Essa opção interrompe o procedimento de leitura de arquivos do Anarede e Anatem no ponto onde foi encontrada a primeira linha de transmissão com valor negativo de reatância. Deste modo, pode ser que existam mais linhas de transmissão com valor negativo após a encontrada. Nenhum dado será carregado não sendo possível que algum cálculo seja realizado. A mensagem exibida no relatório da Figura 3.32 é apresentada para o usuário.

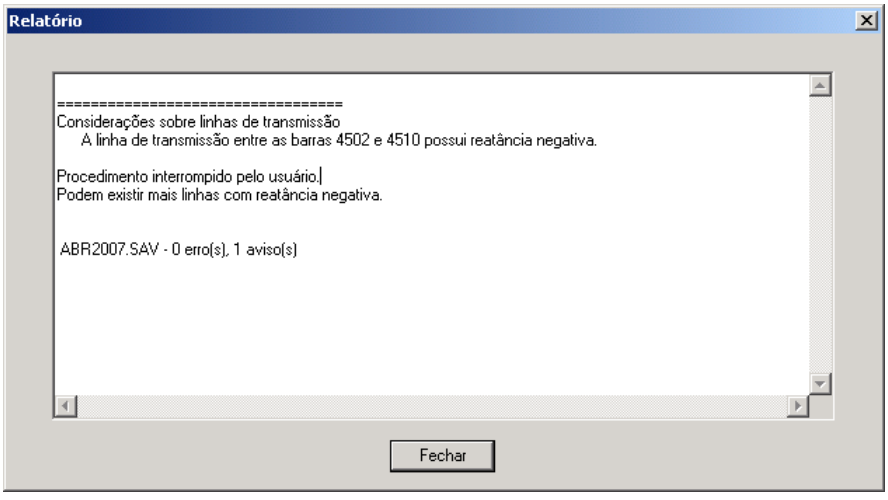

Relatório
==========
Considerações sobre linhas de transmissão
A linha de transmissão entre as barras 4502 e 4510 possui reatância negativa.
Procedimento interrompido pelo usuário.
Podem existir mais linhas com reatância negativa.
ABR2007.SAV - 0 erro(s), 1 aviso(s)
Fechar

Figura 3.32: Aviso após escolher a opção Cancelar para interromper o processo de leitura dos arquivos do Anarede e Anatem.

Avisos Relativos aos Dados de Máquinas

"**Potência ativa negativa na barra : 5001. A carga foi desprezada.**"	➢ Este aviso ocorre quando o usuário modela uma máquina como uma carga negativa (PLOAD < 0). Caso o usuário deseje considerar esta carga negativa como máquina, ele poderá modelá-la como uma injeção de potência ativa (barra PV) no ANAREDE e inserir o modelo da máquina no correspondente arquivo do ANATEM. Uma opção mais rápida é, salvar os dados da rede no formato hzs e inserir a barra, a resistência de armadura e a reatância subtransitória da máquina no código DMAQ.
"**A máquina 11 (ANGRA-2--1GR) não possui modelo associado: será considerada como uma fonte de tensão ideal DESLIGADA.**"	➢ Este aviso é apresentado quando os dados da máquina não são encontrados nos arquivos do Anatem.

"**A barra 259 (S.CECILIABMB) é PV com geração de potência ativa e reativa nula: Não será considerada como máquina.**"	➢	Neste caso a potência ativa e reativa gerada da máquina no arquivo histórico é zero, ou seja, a máquina não faz parte do sistema. Usualmente ocorre quando os limites de reativos Qmim e Qmax de um compensador síncrono (P=0) estão em branco ou iguais a zero no arquivo histórico.
"**A máquina 1040 (RinconEq-500) é modelada como barra infinita (modelo MDMG01): será considerada como uma fonte de tensão ideal LIGADA."**	➢	Ocorre quando uma máquina é modelada como barra infinita no ANATEM. O programa HarmZs a tratará como uma fonte de tensão ideal.

Esses tipos de avisos após a leitura de arquivos histórico e stb são mostrados na Figura 3.33.

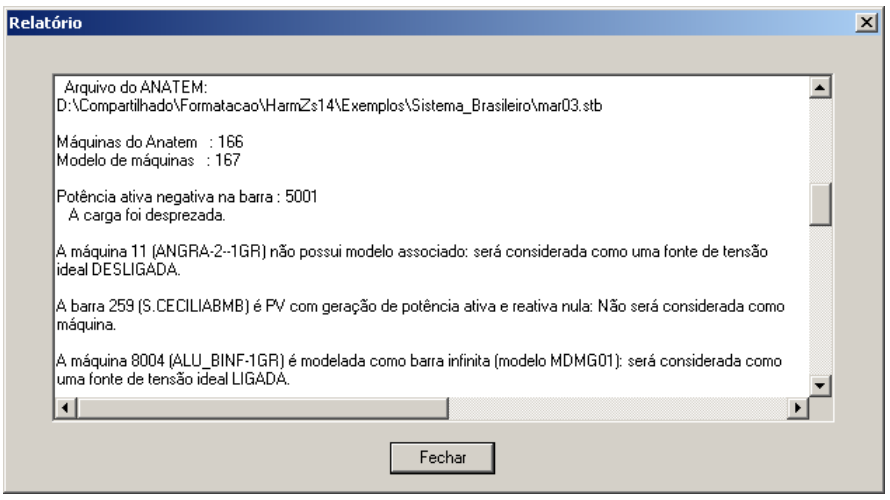

Relatório
Arquivo do ANATEM:
D:\Compartilhado\Formatacao\HarmZs14\Exemplos\Sistema_Brasileiro\mar03.stb
Máquinas do Anatem : 166
Modelo de máquinas : 167
Potência ativa negativa na barra : 5001
A carga foi desprezada.
A máquina 11 (ANGRA-2--1GR) não possui modelo associado: será considerada como uma fonte de tensão ideal DESLIGADA.
A barra 259 (S.CECILIABMB) é PV com geração de potência ativa e reativa nula: Não será considerada como máquina.
A máquina 8004 (ALU_BINF-1GR) é modelada como barra infinita (modelo MDMG01): será considerada como uma fonte de tensão ideal LIGADA.
Fechar

Figura 3.33: Possíveis avisos após a leitura de arquivos histórico e stb

Avisos relativos à modelagem de equipamentos FACTS

"Entre cada uma das seguintes barras existe um Capacitor Série Controlado a Tiristores. O capacitor foi mantido e o usuário deverá colocar a fonte de corrente harmônica correspondente ao reator controlado a tiristores.

7592 - 5590
235 - 7236"

- Este aviso ocorre sempre que existir o código do ANAREDE DCSC (Dados de Capacitor Série Controlado) no arquivo histórico lido. Após salvar os dados da rede no formato hzs, o usuário deverá incluir no código do HarmZs DSRC os dados das fontes harmônicas que deverão ser conectadas em paralelo aos capacitores mantidos entre as barras 7592 e 5590 e 235 e 7236.

"Em cada uma das seguintes barras existe um Compensador Estático de Reativo. O capacitor foi mantido e o usuário deverá colocar a fonte de corrente harmônica correspondente ao reator controlado a tiristores.

42
43
46
55
389
4530
5239
5410
5450
5905
6348"

- Este aviso ocorre sempre que existir o código do ANAREDE DCER (Dados de Compensador Estático Reativo) no arquivo histórico lido. Após salvar os dados da rede no formato hzs, o usuário deverá incluir no código do HarmZs DSRC os dados das fontes harmônicas que deverão ser conectadas em paralelo aos capacitores mantidos nas barras 42, 43, 46, 55, 389, 4530, 5239, 5410, 5450, 5905 e 6348.

"Em cada uma das seguintes barras existe um Conversor. O usuário deverá colocar a fonte de corrente harmônica correspondente ao conversor.

85 (1)
86 (2)
85 (3)
86 (4)
85 (5)
86 (6)
85 (7)
86 (8)
8001 (8011)
8004 (8012)
8002 (8021)
8004 (8022)
8003 (8031)
8004 (8032)"

- Este aviso ocorre sempre que existir o código do ANAREDE DCNV (Dados de Conversor CA-CC) no arquivo histórico lido. Após salvar os dados da rede no formato hzs, o usuário deverá incluir no código do HarmZs DSRC os dados das fontes harmônicas correspondentes aos conversores conectados às barras 85, 86, 8001, 8002, 8003, 8004.

Esses tipos de avisos após a leitura do arquivo histórico são mostrados na Figura 3.34.

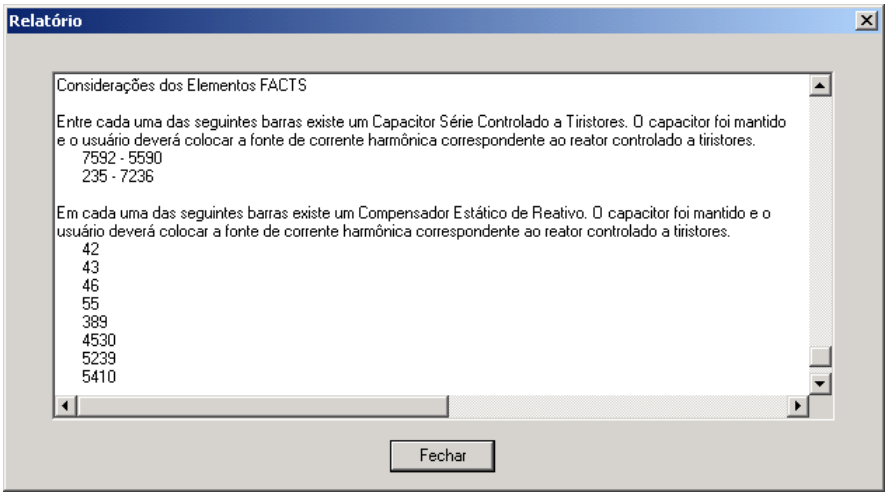

Relatório
Considerações dos Elementos FACTS
Entre cada uma das seguintes barras existe um Capacitor Série Controlado a Tiristores. O capacitor foi mantido e o usuário deverá colocar a fonte de corrente harmônica correspondente ao reator controlado a tiristores.
7592 - 5590
235 - 7236
Em cada uma das seguintes barras existe um Compensador Estático de Reativo. O capacitor foi mantido e o usuário deverá colocar a fonte de corrente harmônica correspondente ao reator controlado a tiristores.
42
43
46
55
389
4530
5239
5410
Fechar

Figura 3.34: Possíveis avisos sobre elementos FACTS após a leitura do arquivo histórico

Inclusão de Dados de Subsistemas

Com o objetivo de auxiliar o usuário em estudos de comportamento harmônico, o programa HarmZs possui uma ferramenta para a inclusão de subsistemas em sistemas que estejam sendo analisados (arquivos de dados já carregados na memória do computador). Um subsistema pode ser um simples equipamento ou uma subrede contendo diversas barras e equipamentos. Para tanto, o usuário precisa informar ao programa quais serão as barras de conexões entre os subsistemas que serão inseridos e o sistema em estudo.

Uma facilidade criada a partir desta idéia de conexão é a montagem de sub-redes de equipamentos como, por exemplo, de filtros harmônicos, que podem ser conectados facilmente às redes, para serem utilizados apenas em determinados estudos ou casos. Assim, os mesmos são incorporados às redes sem modificar a base de dados original.

Na Figura 3.35 está mostrado o procedimento para a escolha e inserção de subsistemas na base de dados atual. Para isto, o usuário deve utilizar a opção "**Inserir SubSistema...**" encontrada no menu "**Arquivo**". Esta opção só estará ativa se uma base de dados já tiver sido carregada pela leitura de um arquivo hzs ou do histórico. O diálogo para adicionar o arquivo do subsistema está mostrado na Figura 3.36. Caso não existam problemas na adição do arquivo escolhido, a mensagem mostrada na Figura 3.37 será apresentada.

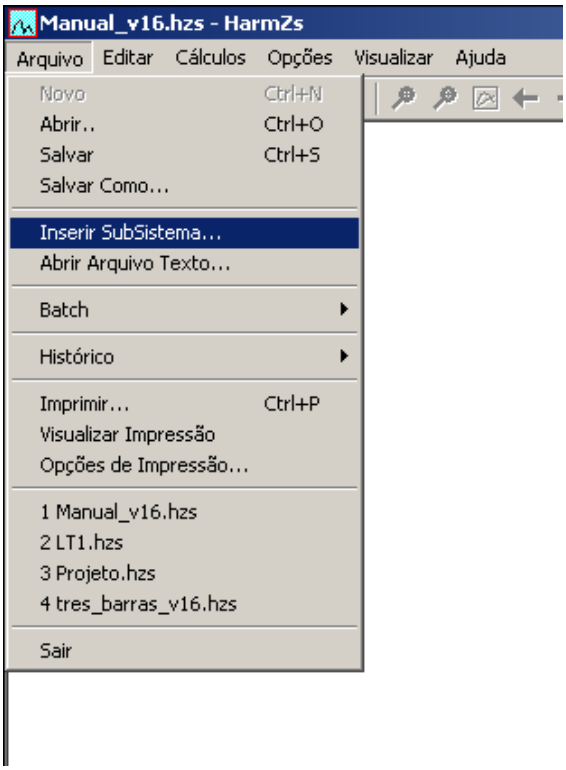


Figura 3.35: Opção "Inserir SubSistema"

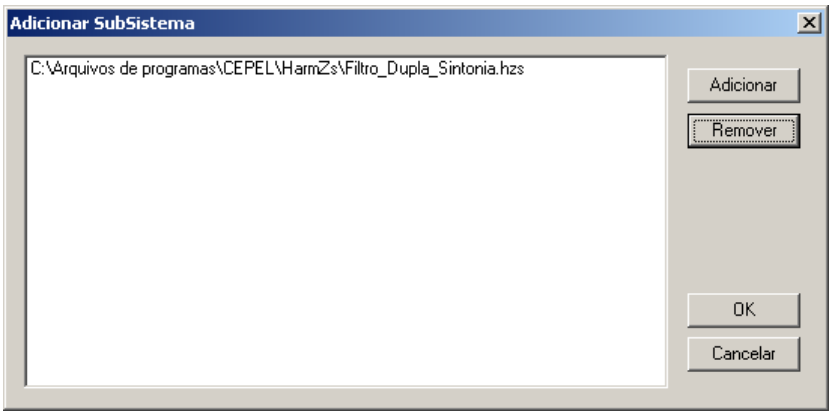


Figura 3.36: Diálogo para adicionar subsistema

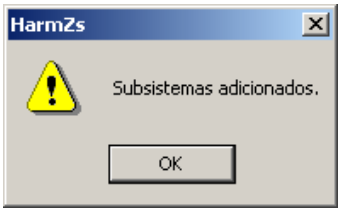


Figura 3.37: Mensagem de êxito para adição de subsistemas

Um arquivo de subsistemas pode ser observado em detalhes na Listagem 3.1. Neste arquivo, um filtro de dupla sintonia (5º e 7º), mostrado na Figura 3.38, será anexado ao sistema exemplo de 6 barras (Figura 2.1) na barra 4. A formatação segue o mesmo padrão definido no capítulo 2, sendo que as barras de conexão com a rede base não deverão ser especificadas no código DBAR. Os dados podem estar em pu ou unidades elétricas.

Deve-se observar que não pode haver coincidência entre os números das barras pertencentes a diferentes subsistemas e/ou coincidência entre os números das barras dos subsistemas e das barras do sistema carregado na memória.

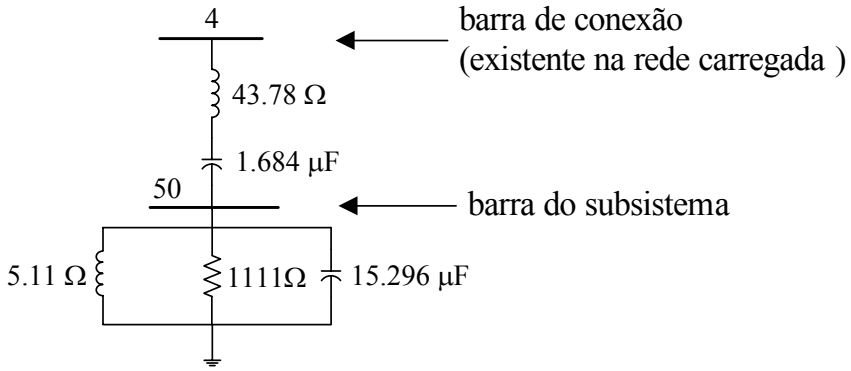
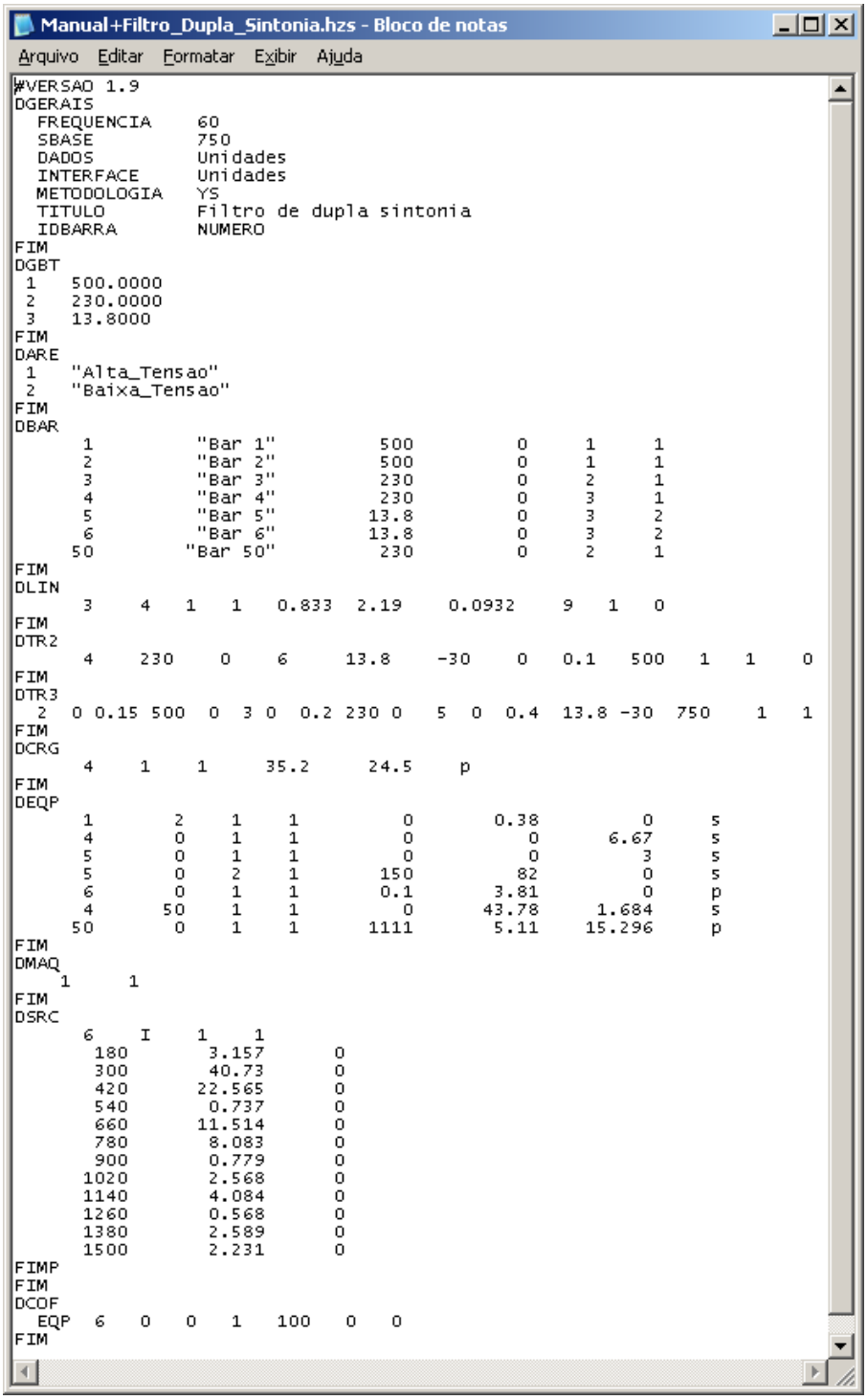


Figura 3.38: Filtro de dupla sintonia

Listagem 3.1: Arquivo de entrada do subsistema do filtro de dupla sintonia

```
#VERSAO 1.9
DGERAIS
  FREQUENCIA    60.0
  SBASE         100.0
  DADOS         Unidades
  INTERFACE     Unidades
  METODOLOGIA   YS
  TITULO        Filtro de dupla sintonia
  IDBARRA       NUMERO
FIM
%
DBAR
%  Num         Nome    Tensão  Ângulo   Base  Área
    50       "Bar 50"   230.0    0.0      2    1
FIM
%
DEQP
% De   Para  Circ  Est  Resistência   Reatância   Suscep/Capac   Lig
   4    50     1    1        0          43.78         1.684        s
  50     0     1    1      1111          5.11        15.296        p
FIM
```

Caso o usuário deseje gravar os dados do sistema depois de adicionar um subsistema em um único arquivo hzs, pode usar a opção "**Salvar Como**" fornecendo o nome desejado para este arquivo. Para o caso em questão, na Figura 3.39 está mostrada a gravação do arquivo completo, ou seja, o arquivo Manual.hzs acrescido do arquivo Filtro_Dupla_Sintonia.hzs.



Manual+Filtro_Dupla_Sintonia.hzs - Bloco de notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

```
#VERSAO 1.9
DGERAIS
  FREQUENCIA     60
  SBASE          750
  DADOS          Unidades
  INTERFACE      Unidades
  METODOLOGIA    YS
  TITULO         Filtro de dupla sintonia
  IDBARRA        NUMERO
FIM
DGBT
 1   500.0000
 2   230.0000
 3   13.8000
FIM
DARE
 1   "Alta_Tensao"
 2   "Baixa_Tensao"
FIM
DBAR
      1          "Bar 1"          500          0     1     1
      2          "Bar 2"          500          0     1     1
      3          "Bar 3"          230          0     2     1
      4          "Bar 4"          230          0     3     1
      5          "Bar 5"         13.8          0     3     2
      6          "Bar 6"         13.8          0     3     2
     50         "Bar 50"          230          0     2     1
FIM
DLIN
      3    4   1   1   0.833  2.19    0.0932    9   1   0
FIM
DTR2
      4    230    0    6     13.8    -30    0   0.1   500   1   1    0
FIM
DTR3
  2  0 0.15 500  0  3 0  0.2 230 0   5  0  0.4  13.8 -30  750    1   1
FIM
DCRG
      4    1    1     35.2     24.5    p
FIM
DEQP
      1       2    1    1         0       0.38         0     s
      4       0    1    1         0          0      6.67     s
      5       0    1    1         0          0         3     s
      5       0    2    1       150         82         0     s
      6       0    1    1       0.1       3.81         0     p
      4      50    1    1         0      43.78     1.684     s
     50       0    1    1      1111       5.11    15.296     p
FIM
DMAQ
    1     1
FIM
DSRC
      6    I    1    1
       180        3.157       0
       300        40.73       0
       420       22.565       0
       540        0.737       0
       660       11.514       0
       780        8.083       0
       900        0.779       0
      1020        2.568       0
      1140        4.084       0
      1260        0.568       0
      1380        2.589       0
      1500        2.231       0
FIMP
FIM
DCOF
  EQP  6   0   0   1   100   0   0
FIM
```

Figura 3.39: Arquivo gravado completo: Manual+Filtro_Dupla_Sintonia.hzs

Gravação de Dados de Entrada Carregados em Memória

Não apenas dados oriundos de arquivos de formato hzs (redes e subsistemas) podem ser salvos neste formato. Arquivos no formato Anarede e Anatem também podem ser gravados no formato hzs após serem carregados no programa. Observa-se quatro aplicações muito importantes para esta gravação de dados no formato hzs:

- Gravar dados que foram editados na interface gráfica de entrada.
- Gravar dados da rede e subsistemas num só arquivo de dados.
- Gravar dados de arquivos históricos e Anatem.
- Modificar a natureza dos dados, gravando-os em unidades elétricas ou em *per unit*.

Para gravar os dados basta que os mesmos estejam carregados em memória, o que é feito através do menu "**Abrir...**" (item Erro! A origem da referência não foi encontrada.), "**Inserir Subsistema...**" (item **Inclusão de Dados de Subsistemas**)" ou "**Histórico->Abrir** (item **Abertura de Arquivos Histórico e STB**)". Os dados poderão ser gravados também após a edição através da interface gráfica (item **Interface Gráfica para Visualização e Edição de Dados de Entrada**).

Após os dados estarem carregados em memória, basta clicar em um dos menus "**Arquivo/Salvar**" ou "**Arquivo/Salvar Como...**". No caso da segunda opção, o diálogo da Figura 3.40 será apresentado.

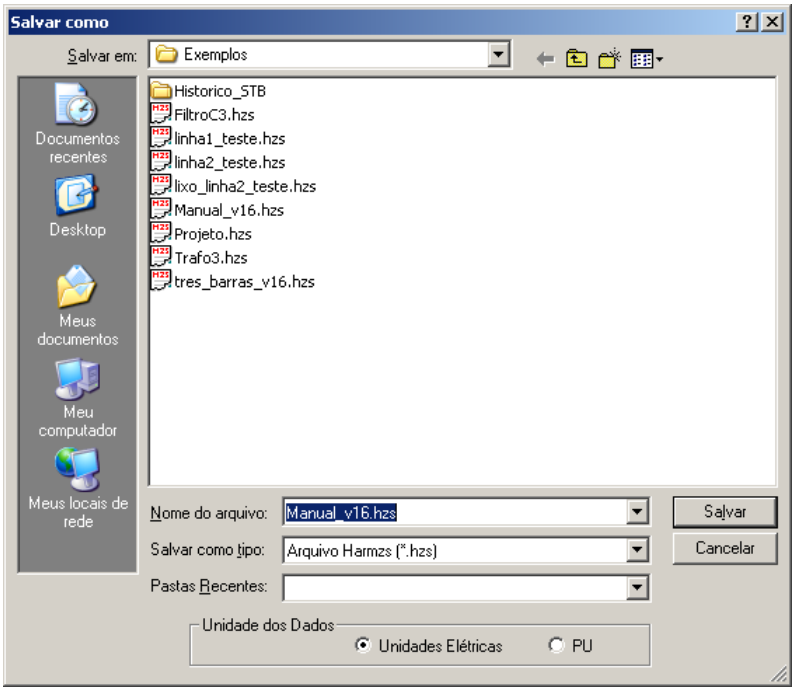


Figura 3.40: Diálogo para gravação de dados no formato hzs.

Este diálogo possui características importantes que facilitam e dão rapidez ao trabalho do usuário. Primeiramente, existe a funcionalidade que permite a navegação rápida através de lugares especiais do microcomputador como **Desktop**, **Meus Documentos**, **Meu computador**, etc, como pode ser visualizado na parte esquerda do diálogo. Na combobox "**Pastas Recentes**"

existe a possibilidade de salvar os dados nas últimas pastas que foram anteriormente utilizadas para gravação no programa HarmZs. Este recurso facilita e agiliza a gravação dos dados em pastas que são freqüentemente utilizadas pelo usuário, sem que o mesmo tenha que perder tempo procurando-as. Basta escolher a pasta, clicar e a mesma será aberta a espera da gravação dos dados. Um exemplo é apresentado na Figura 3.41.

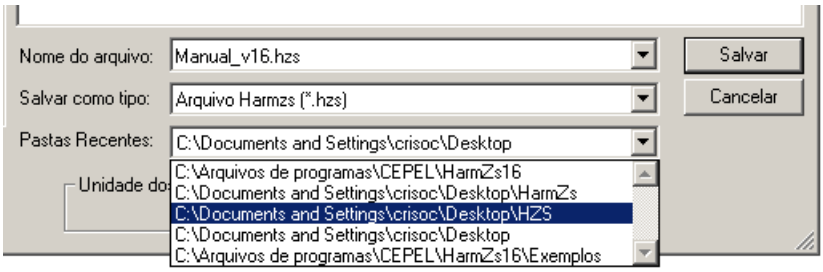


*Figura 3.41: Exemplo de pastas freqëntemente utilizadas para gravações de arquivos *.hzs.*

É possível gravar os dados que estão carregados em pu ou unidades elétricas. Para isto, basta escolher a opção desejada no campo "**Unidade dos Dados**" como apresentado na Figura 3.42. Vale lembrar que se os dados lidos estavam em pu, a opção que vem marcada quando a caixa é aberta é pu, caso contrário,a opão será unidades elétricas (UE), sendo que o usuário poderá gravar os dados em natureza diferente daquela que foi carregada.

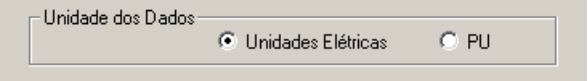


Figura 3.42: Possibilidade de modificação da natureza dos dados: pu ou UE.

É importante que o usuário não confunda natureza dos dados em pu ou unidades elétricas com interface gráfica em pu ou unidades elétricas. Na primeira, os dados estão na unidade escolhida (verificar Códigos de Execução (item **Códigos de Execução**). A segunda indica que os resultados (gráficos e tabelas) serão apresentados na unidade escolhida no campo "**INTERFACE (Código DGERAIS)**" ou na opção escolhida no diálogo "**Opções**" que é apresentado na Figura 3.43. Vale lembrar que para visualizar este diálogo, basta acessar o comando "**Configurações...**" do menu "**Editar**".

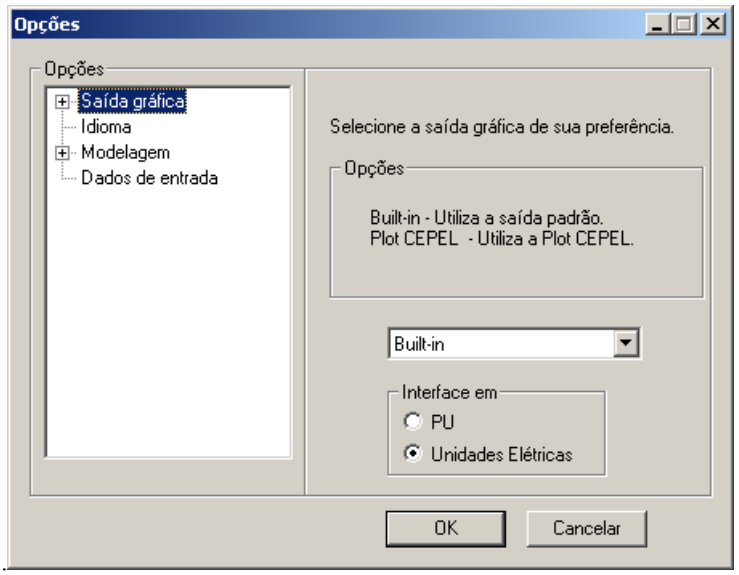


Figura 3.43: Diálogo de Opções para apresentação da interface em pu ou UE.

Interface Gráfica para Visualização e Edição de Dados de Entrada

A partir da versão 1.6 do programa HarmZs existe a possibilidade de visualização e edição tanto dos dados de entrada dos arquivos no formato hzs quanto dos dados dos arquivos históricos do Anarede e de máquinas do Anatem.

Esta facilidade fica disponível somente depois que um arquivo de entrada for carregado. O procedimento para carregar um arquivo de entrada é mostrado no item "**Abertura de um Caso**".

Após carregado o arquivo, para abrir o diálogo de visualização e edição dos dados de entrada, basta acessar o comando "**Dados da Rede**" no menu "**Editar**" e escolher o componente desejado, como mostrado na Figura 3.44. Existe a possibilidade também de edição de dados dos grupos base de tensão, de áreas e de fontes harmônicas. As funcionalidades de todos esses diálogos serão apresentados nos itens a seguir.

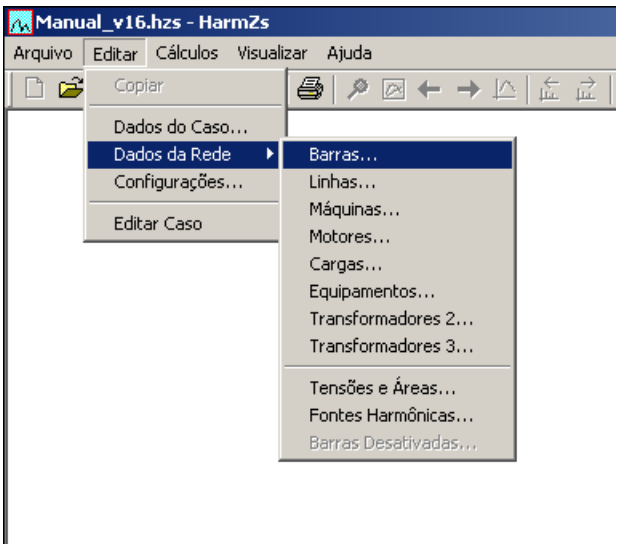


Figura 3.44: Menu para visualização e edição dos dados de entrada.

Visualização e Edição de Componentes da Rede

O diálogo para visualização e edição dos componentes da rede (barras, linhas, etc...) é apresentado na Figura 3.45.

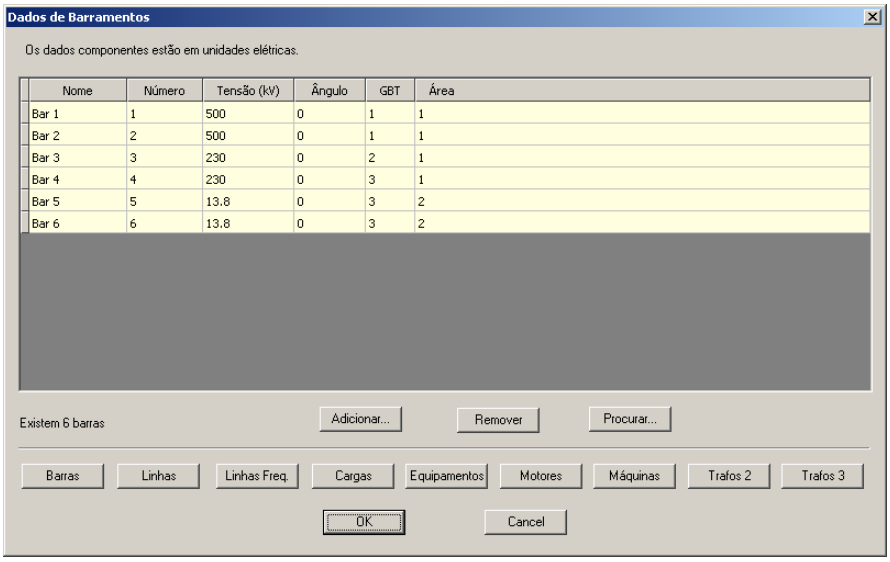

Dados de Barramentos
Os dados componentes estão em unidades elétricas.
Nome | Número | Tensão (kV) | Ângulo | GBT | Área
Bar 1 | 1 | 500 | 0 | 1 | 1
Bar 2 | 2 | 500 | 0 | 1 | 1
Bar 3 | 3 | 230 | 0 | 2 | 1
Bar 4 | 4 | 230 | 0 | 3 | 1
Bar 5 | 5 | 13.8 | 0 | 3 | 2
Bar 6 | 6 | 13.8 | 0 | 3 | 2
Existem 6 barras
Adicionar...
Remover
Procurar...
Barras
Linhas
Linhas Freq.
Cargas
Equipamentos
Motores
Máquinas
Trafos 2
Trafos 3
OK
Cancel

Figura 3.45: Diálogo para visualização e edição dos dados de componentes da rede.

Pode-se notar na Figura 3.45 que existe a possibilidade de navegar pelos vários componentes da rede. Para isto, basta escolher o componente desejado e clicar com o botão esquerdo do mouse sobre o botão do componente escolhido. As opções disponíveis dos componentes são mostradas na Figura 3.46.

Figura 3.46: Opções disponíveis para escolha dos componentes da rede.

Deve-se observar que neste trabalho, "componente" representa um conjunto de elementos. Assim, no diálogo do componente "barras", mostrado na Figura 3.45, estão listados os campos (colunas) de todos os seus elementos (linhas).

Na Figura 3.47 está apresentado o diálogo proveniente da escolha do componente "Equipamentos". Neste diálogo, todos os campos de seus elementos podem ser visualizados.

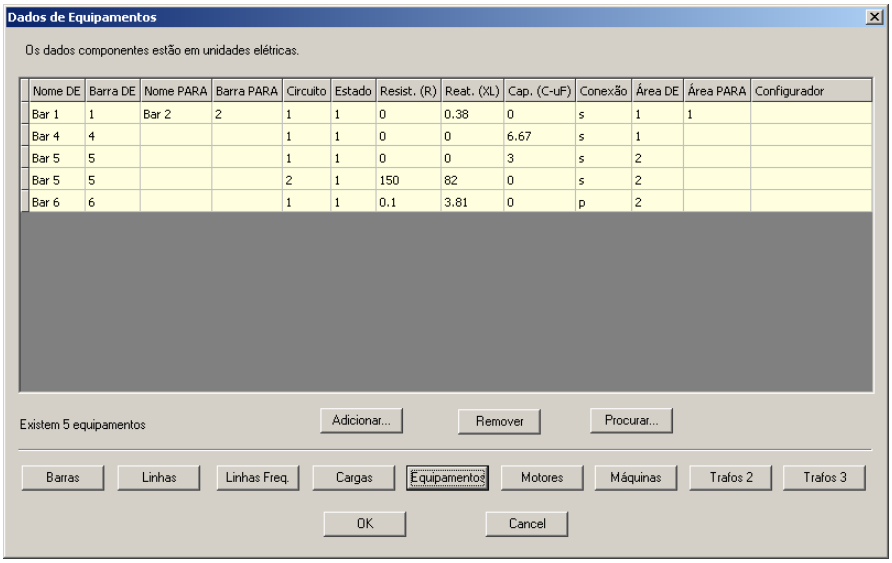

Dados de Equipamentos
Os dados componentes estão em unidades elétricas.
Nome DE | Barra DE | Nome PARA | Barra PARA | Circuito | Estado | Resist. (R) | Reat. (XL) | Cap. (C-uF) | Conexão | Área DE | Área PARA | Configurador
Bar 1 | 1 | Bar 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0.38 | 0 | s | 1 | 1
Bar 4 | 4 | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 6.67 | s | 1
Bar 5 | 5 | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | s | 2
Bar 5 | 5 | | | 2 | 1 | 150 | 82 | 0 | s | 2
Bar 6 | 6 | | | 1 | 1 | 0.1 | 3.81 | 0 | p | 2
Existem 5 equipamentos
Adicionar...
Remover
Procurar...
Barras
Linhas
Linhas Freq.
Cargas
Equipamentos
Motores
Máquinas
Trafos 2
Trafos 3
OK
Cancel

Figura 3.47: Interface para visualização e mudança dos dados de equipamentos.

Na Figura 3.48 está mostrada a barra de tarefas com um botão destacado por um quadrado vermelho. Este é o botão de atalho para abertura do diálogo de visualização e edição dos dados de componentes da rede. Note que este botão fica ativo somente depois que um arquivo de entrada for carregado. Caso o diálogo de visualização e edição já tenha sido aberto pelo menos uma vez, clicar novamente no botão de atalho levará a reabertura do último diálogo que teve seu botão **"OK"** (Figura 3.47) acionado. Caso seja a primeira vez que o diálogo é aberto, os dados de barras serão visualizados. Diálogos de grupos base de tensão, áreas e fontes harmônicas não serão visualizados por este atalho.

Figura 3.48: Atalho para abertura do diálogo de visualização e edição de dados de componentes da rede.

Edição dos dados de componentes da rede

Para editar os dados, deve-se clicar com o botão esquerdo do mouse para selecionar a linha desejada e depois clicar sobre o campo que será editado. Com isso, o campo ficará com o fundo branco e o cursor começará a piscar. Esse procedimento é apresentado na Figura 3.49.

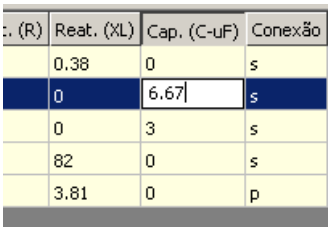


Figura 3.49: Edição do campo de um dado da rede.

Os campos devem ser modificados respeitando-se seus valores possíveis (permitidos). Esses valores permitidos podem ser encontrados no item "**Códigos de Execução**".

As modificações nos dados somente serão efetuadas quando o usuário acionar o botão "**OK**". Caso a janela seja fechada ou o usuário clicar no botão "**Cancelar**" todas as mudanças serão descartadas.

É importante observar que deve-se ter atenção especial ao alterar o número de uma barra no diálogo **"Dados de Barramento"**, pois diversas conexões da rede que estão referenciadas ao número original deixarão de existir.

Considere o sistema exemplo de 6 barras mostrado na Figura 2.1. Suponha que, por algum motivo, o usuário modifique o número da barra 5 para 7. Em todos os diálogos de componentes da rede que possuam elementos com conexão para a barra 5, a mensagem **"Barra não encontrada"** será apresentada no campo **"Nome DE"** ou **"Nome PARA" (**ou "**Nome Prim.**", "**Nome Sec.**" ou "**Nome Terc.**" para transformadores de 3 enrolamentos), ao invés do nome da barra propriamente dito.

De forma a exemplificar o que foi dito, na Figura 3.50, Figura 3.51 e Figura 3.52, estão mostrados os diálogos para visualização e edição dos dados de barras, de equipamentos e de transformadores de três enrolamentos para o sistema exemplo de 6 barras com os números de barra originais. Na Figura 3.53, Figura

3.54 e Figura 3.55, estão mostrados estes mesmos diálogos com o número da barra 5 modificado para 7.

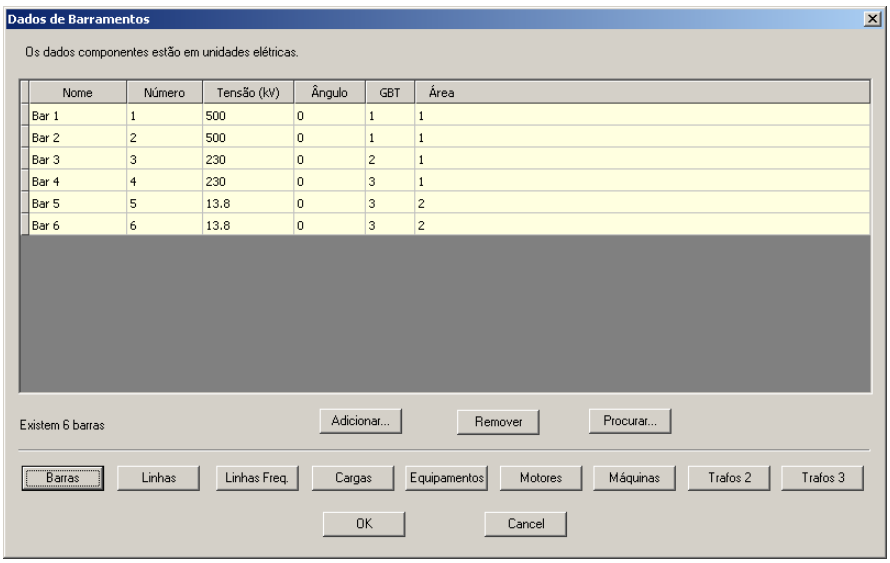

Dados de Barramentos
Os dados componentes estão em unidades elétricas.
Nome | Número | Tensão (kV) | Ângulo | GBT | Área
Bar 1 | 1 | 500 | 0 | 1 | 1
Bar 2 | 2 | 500 | 0 | 1 | 1
Bar 3 | 3 | 230 | 0 | 2 | 1
Bar 4 | 4 | 230 | 0 | 3 | 1
Bar 5 | 5 | 13.8 | 0 | 3 | 2
Bar 6 | 6 | 13.8 | 0 | 3 | 2
Existem 6 barras
Adicionar...
Remover
Procurar...
Barras
Linhas
Linhas Freq.
Cargas
Equipamentos
Motores
Máquinas
Trafos 2
Trafos 3
OK
Cancel

Figura 3.50: Diálogo dos dados de barra – sistema exemplo original.

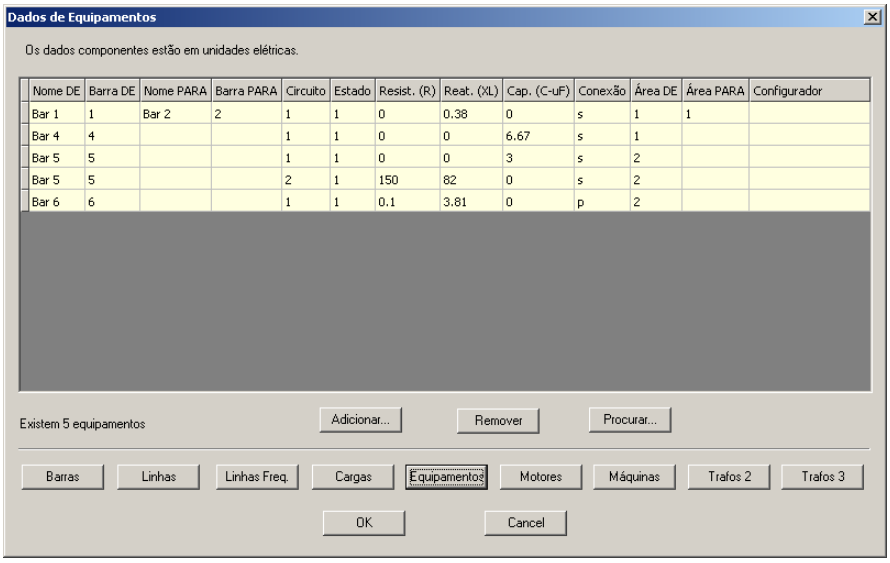

Dados de Equipamentos
Os dados componentes estão em unidades elétricas.
Nome DE | Barra DE | Nome PARA | Barra PARA | Circuito | Estado | Resist. (R) | Reat. (XL) | Cap. (C-uF) | Conexão | Área DE | Área PARA | Configurador
Bar 1 | 1 | Bar 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0.38 | 0 | s | 1 | 1
Bar 4 | 4 | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 6.67 | s | 1
Bar 5 | 5 | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | s | 2
Bar 5 | 5 | | | 2 | 1 | 150 | 82 | 0 | s | 2
Bar 6 | 6 | | | 1 | 1 | 0.1 | 3.81 | 0 | p | 2
Existem 5 equipamentos
Adicionar...
Remover
Procurar...
Barras
Linhas
Linhas Freq.
Cargas
Equipamentos
Motores
Máquinas
Trafos 2
Trafos 3
OK
Cancel

Figura 3.51: Diálogo dos dados de equipamentos - sistema exemplo original.

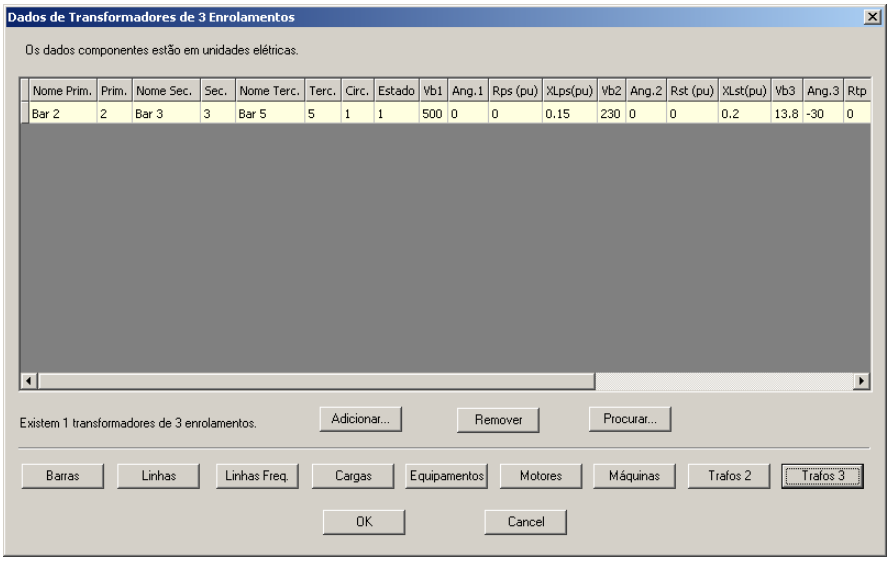

Dados de Transformadores de 3 Enrolamentos
Os dados componentes estão em unidades elétricas.
Nome Prim. | Prim. | Nome Sec. | Sec. | Nome Terc. | Terc. | Circ. | Estado | Vb1 | Ang.1 | Rps (pu) | XLps(pu) | Vb2 | Ang.2 | Rst (pu) | XLst(pu) | Vb3 | Ang.3 | Rtp
Bar 2 | 2 | Bar 3 | 3 | Bar 5 | 5 | 1 | 1 | 500 | 0 | 0 | 0.15 | 230 | 0 | 0 | 0.2 | 13.8 | -30 | 0
Existem 1 transformadores de 3 enrolamentos.
Adicionar...
Remover
Procurar...
Barras
Linhas
Linhas Freq.
Cargas
Equipamentos
Motores
Máquinas
Trafos 2
Trafos 3
OK
Cancel

Figura 3.52: Diálogo dos dados de transformadores de três enrolamentos - sistema exemplo original.

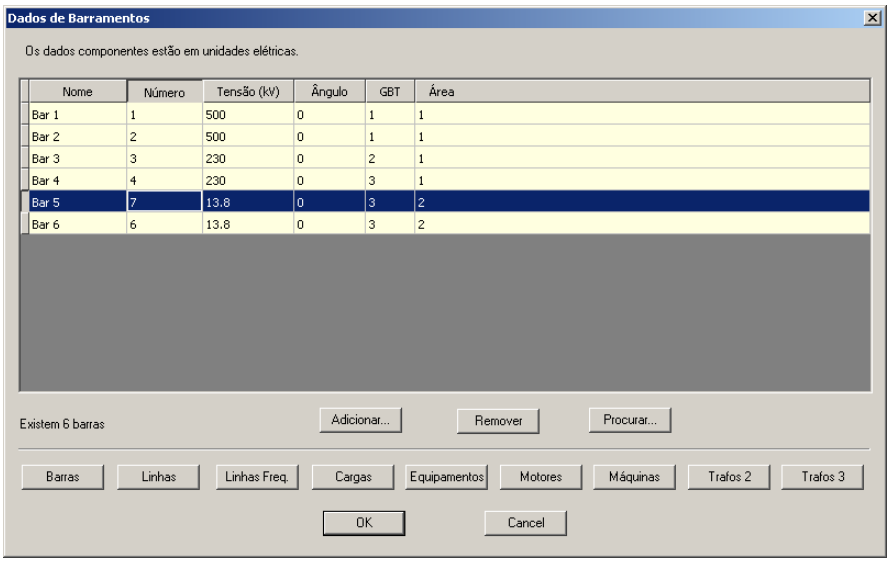

Dados de Barramentos
Os dados componentes estão em unidades elétricas.
Nome | Número | Tensão (kV) | Ângulo | GBT | Área
Bar 1 | 1 | 500 | 0 | 1 | 1
Bar 2 | 2 | 500 | 0 | 1 | 1
Bar 3 | 3 | 230 | 0 | 2 | 1
Bar 4 | 4 | 230 | 0 | 3 | 1
Bar 5 | 7 | 13.8 | 0 | 3 | 2
Bar 6 | 6 | 13.8 | 0 | 3 | 2
Existem 6 barras
Adicionar...
Remover
Procurar...
Barras
Linhas
Linhas Freq.
Cargas
Equipamentos
Motores
Máquinas
Trafos 2
Trafos 3
OK
Cancel

Figura 3.53: Diálogo dos dados de barra – sistema exemplo modificado.

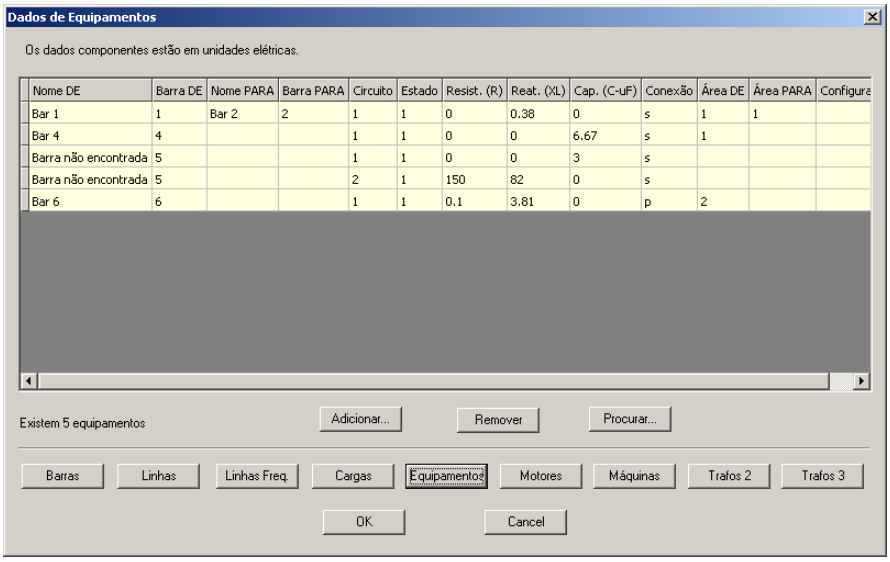

Dados de Equipamentos
Os dados componentes estão em unidades elétricas.
Nome DE | Barra DE | Nome PARA | Barra PARA | Circuito | Estado | Resist. (R) | Reat. (XL) | Cap. (C-uF) | Conexão | Área DE | Área PARA | Configura
Bar 1 | 1 | Bar 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0.38 | 0 | s | 1 | 1
Bar 4 | 4 | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 6.67 | s | 1
Barra não encontrada | 5 | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | s
Barra não encontrada | 5 | | | 2 | 1 | 150 | 82 | 0 | s
Bar 6 | 6 | | | 1 | 1 | 0.1 | 3.81 | 0 | p | 2
Existem 5 equipamentos
Adicionar...
Remover
Procurar...
Barras
Linhas
Linhas Freq.
Cargas
Equipamentos
Motores
Máquinas
Trafos 2
Trafos 3
OK
Cancel

Figura 3.54: Diálogo dos dados de equipamentos - sistema exemplo modificado.

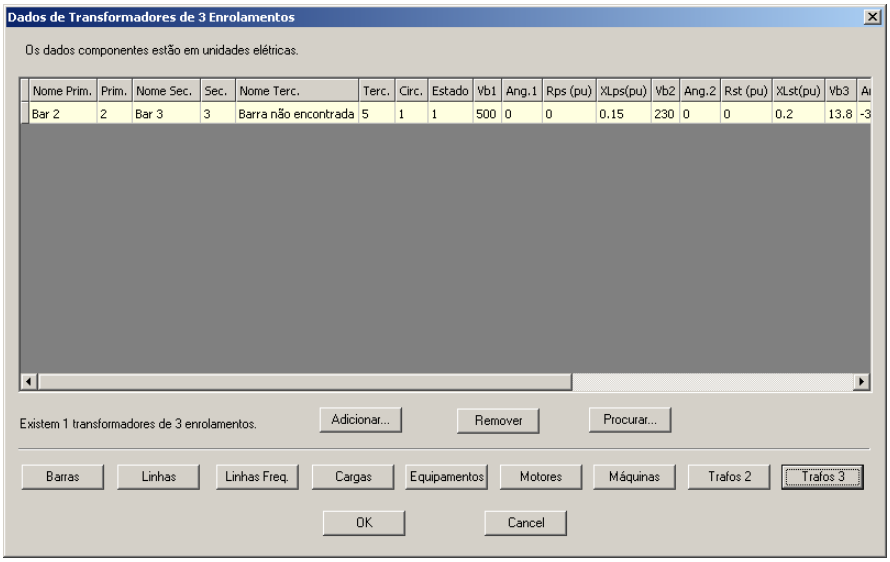

Dados de Transformadores de 3 Enrolamentos
Os dados componentes estão em unidades elétricas.
Nome Prim. | Prim. | Nome Sec. | Sec. | Nome Terc. | Terc. | Circ. | Estado | Vb1 | Ang.1 | Rps (pu) | XLps(pu) | Vb2 | Ang.2 | Rst (pu) | XLst(pu) | Vb3
Bar 2 | 2 | Bar 3 | 3 | Barra não encontrada | 5 | 1 | 1 | 500 | 0 | 0 | 0.15 | 230 | 0 | 0 | 0.2 | 13.8
Existem 1 transformadores de 3 enrolamentos.
Adicionar...
Remover
Procurar...
Barras
Linhas
Linhas Freq.
Cargas
Equipamentos
Motores
Máquinas
Trafos 2
Trafos 3
OK
Cancel

Figura 3.55: Diálogo dos dados de transformadores de três enrolamentos - sistema exemplo modificado.

Caso exista alguma inconsistência na rede, ao clicar no botão "**OK**" para confirmar as alterações realizadas, um relatório com os erros encontrados será apresentado. Neste caso, a rede não poderá ser montada até que as modificações necessárias sejam feitas ou o botão "**Cancelar**" seja utilizado. Caso o usuário escolha o botão "**Cancelar**", todas as modificações realizadas desde que o diálogo de visualização e edição de dados foi aberto serão perdidas. Um exemplo de mensagens de inconsistência de dados pela alteração do número da barra 5 para 7 é apresentado na Figura 3.56.

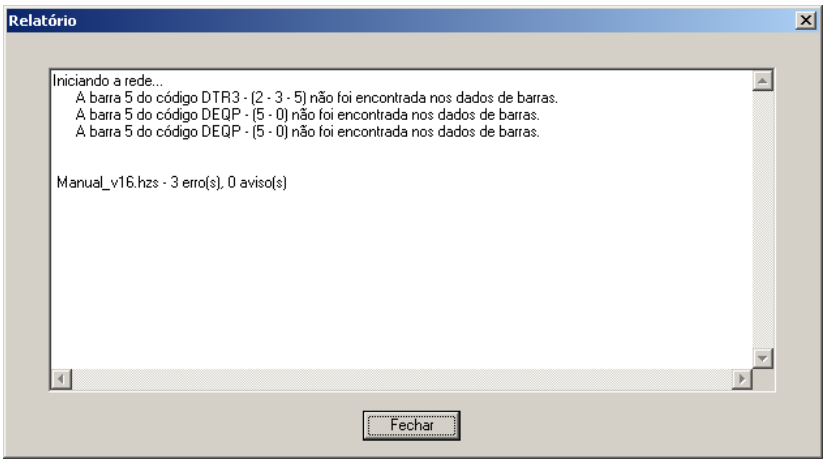

Relatório
Iniciando a rede...
A barra 5 do código DTR3 - (2 - 3 - 5) não foi encontrada nos dados de barras.
A barra 5 do código DEQP - (5 - 0) não foi encontrada nos dados de barras.
A barra 5 do código DEQP - (5 - 0) não foi encontrada nos dados de barras.
Manual_v16.hzs - 3 erro(s), 0 aviso(s)
Fechar

Figura 3.56: Relatório de inconsistência de dados de rede.

Janelas Pop-Up de componentes da rede

A interface gráfica de visualização e edição de dados de entrada oferece algumas facilidades para a mudança em massa de alguns tipos de dados dos elementos. Deste modo, após a seleção destes, o usuário poderá facilmente alterar seus estados. Isto pode ser feito para qualquer componente, com exceção de barras.

É possível selecionar elementos consecutivos clicando com o "mouse" no primeiro e, mantendo a tecla "**Shift**" pressionada, clicar no último elemento desejado. Para selecionar elementos não consecutivos, basta clicar nos desejados mantendo a tecla "**Ctrl**" pressionada. Também é possível usar o comando "**Ctrl+A**" para selecionar todos os elementos.

Além do estado dos componentes, o tipo de conexão de equipamentos e cargas e o número de pis de linhas, também podem ser alterados. Linhas de transmissão sem dependência dos seus parâmetros com a frequência, transformadores de 2 enrolamentos e máquinas possuem um menu a mais que é a possibilidade de trocar o identificador do fator de correção da resistência com a frequência ou até mesmo desativar esta correção.

Note que para linhas com variação na freqüência, motores de indução e transformadores de três enrolamentos, só é possível modificar o estado dos elementos destes componentes. Para isto, basta selecionar os elementos, clicar com o botão direito do mouse sobre um dos escolhidos que uma janela *pop-up*, como a apresentada na Figura 3.57, estará disponível para a mudança do estado de ligado para desligado ou vice-versa.

Para exemplificar os procedimentos descritos neste sub-item, utilizou-se o caso 1 do arquivo histórico ABR2007.SAV.

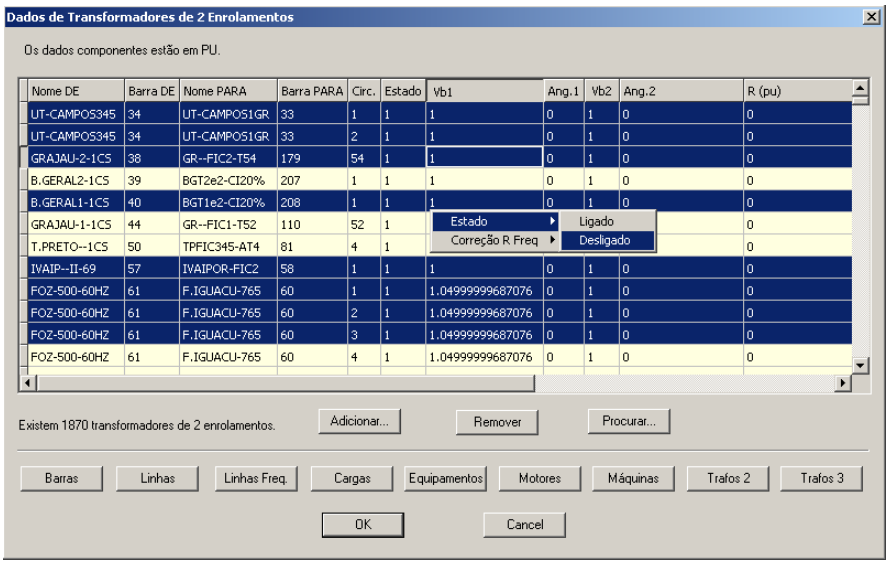

Dados de Transformadores de 2 Enrolamentos
Os dados componentes estão em PU.
Nome DE | Barra DE | Nome PARA | Barra PARA | Circ. | Estado | Vb1 | Ang.1 | Vb2 | Ang.2 | R (pu)
UT-CAMPOS345 | 34 | UT-CAMPOS1GR | 33 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0
UT-CAMPOS345 | 34 | UT-CAMPOS1GR | 33 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0
GRAJAU-2-1CS | 38 | GR--FIC2-T54 | 179 | 54 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0
B.GERAL2-1CS | 39 | BGT2e2-CI20% | 207 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0
B.GERAL1-1CS | 40 | BGT1e2-CI20% | 208 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0
GRAJAU-1-1CS | 44 | GR--FIC1-T52 | 110 | 52 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0
T.PRETO--1CS | 50 | TPFIC345-AT4 | 81 | 4 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0
IVAIP--II-69 | 57 | IVAIPOR-FIC2 | 58 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0
FOZ-500-60HZ | 61 | F.IGUACU-765 | 60 | 1 | 1 | 1.04999999687076 | 0 | 1 | 0 | 0
FOZ-500-60HZ | 61 | F.IGUACU-765 | 60 | 2 | 1 | 1.04999999687076 | 0 | 1 | 0 | 0
FOZ-500-60HZ | 61 | F.IGUACU-765 | 60 | 3 | 1 | 1.04999999687076 | 0 | 1 | 0 | 0
FOZ-500-60HZ | 61 | F.IGUACU-765 | 60 | 4 | 1 | 1.04999999687076 | 0 | 1 | 0 | 0
Estado
Correção R Freq
Ligado
Desligado
Existem 1870 transformadores de 2 enrolamentos.
Adicionar...
Remover
Procurar...
Barras
Linhas
Linhas Freq.
Cargas
Equipamentos
Motores
Máquinas
Trafos 2
Trafos 3
OK
Cancel

Figura 3.57: Modificação do estado de elementos pela interface.

Além da modificação do estado dos elementos, conforme descrito anteriormente,, outra facilidade existente para cargas e equipamentos, é a possibilidade de mudança da configuração da conexão de vários elementos de uma só vez, através da interface. De maneira análoga à modificação do estado, para modificar a conexão basta escolher os elementos e clicar com o botão direito do mouse sobre um dos selecionados que uma janela *pop-up* estará disponível para a troca da configuração. Em seguida deve ser escolhido o tipo de conexão clicando na opção correspondente da janela *pop-up*. Um exemplo dessa mudança para equipamentos está mostrado na Figura 3.58 e outro exemplo da mudança para cargas está mostrado na Figura 3.59. Para cargas, caso seja escolhida a conexão mista, um novo diálogo para definir os percentuais de potência ativa e reativa para as parcelas série e paralela será apresentado, como mostrado na Figura 3.60. Somente a parcela paralela de potências deverá ser informada, a parcela série é calculada automaticamente.

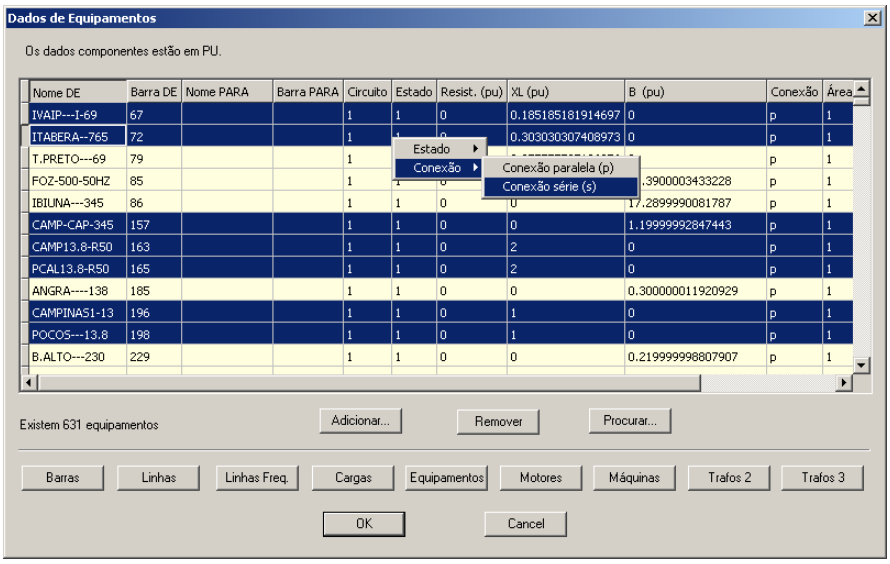

Dados de Equipamentos
Os dados componentes estão em PU.
Nome DE | Barra DE | Nome PARA | Barra PARA | Circuito | Estado | Resist. (pu) | XL (pu) | B (pu) | Conexão | Área
IVAIP---I-69 | 67 | 1 | 1 | 0 | 0.185185181914697 | 0 | p | 1
ITABERA--765 | 72 | 1 | 0.303030307408973 | 0 | p | 1
T.PRETO---69 | 79 | 1 | p | 1
FOZ-500-50HZ | 85 | 1 | .3900003433228 | p | 1
IBIUNA---345 | 86 | 1 | 1 | 0 | 17.2899990081787 | p | 1
CAMP-CAP-345 | 157 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1.19999992847443 | p | 1
CAMP13.8-R50 | 163 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | p | 1
PCAL13.8-R50 | 165 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | p | 1
ANGRA----138 | 185 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.300000011920929 | p | 1
CAMPINAS1-13 | 196 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | p | 1
POCOS---13.8 | 198 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | p | 1
B.ALTO---230 | 229 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.219999998807907 | p | 1
Estado
Conexão
Conexão paralela (p)
Conexão série (s)
Existem 631 equipamentos
Adicionar...
Remover
Procurar...
Barras
Linhas
Linhas Freq.
Cargas
Equipamentos
Motores
Máquinas
Trafos 2
Trafos 3
OK
Cancel

Figura 3.58: Mudança da conexão de equipamentos pela interface gráfica.

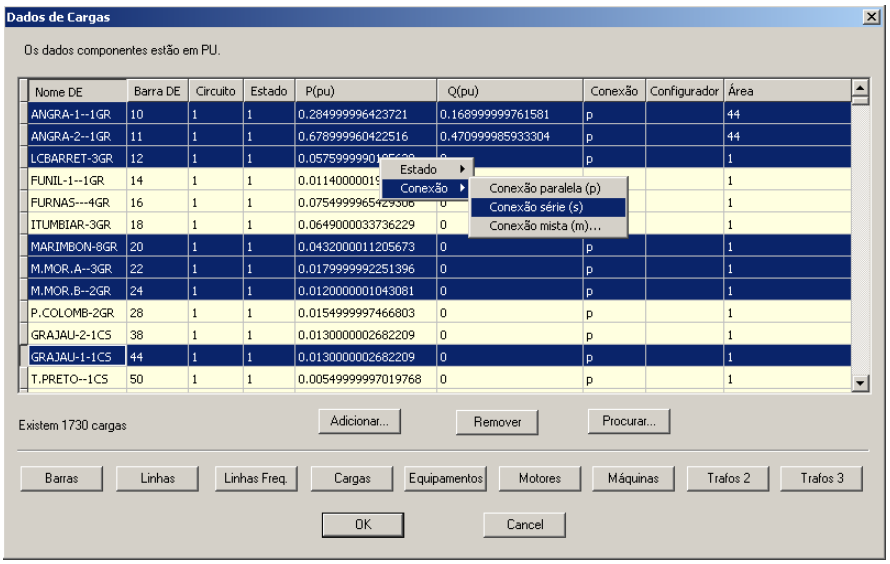


Figura 3.59: Mudança da configuração de cargas pela interface gráfica.

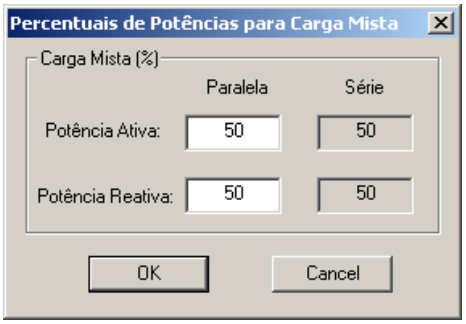


Figura 3.60: Percentuais de potências para carga mista.

Para linhas de transmissão, além da possibilidade de modificação do estado, existe a facilidade de se modificar também o número de circuitos pis. De maneira análoga à modificação do estado, para modificar o número de circuitos pis basta escolher os elementos e clicar com o botão direito do mouse sobre um dos escolhidos que uma janela *pop-up* estará disponível. Em seguida, clicando na opção **"Número pis..."**, um novo diálogo para modificação de todos os valores dos números de circuitos pis das linhas selecionadas será apresentado. A janela *pop-up* está apresentada na Figura 3.61 e o diálogo para edição do valor do número de pis é apresentado na Figura 3.62. O valor inicial ("default") do número de pis apresentado no diálogo é igual a zero.

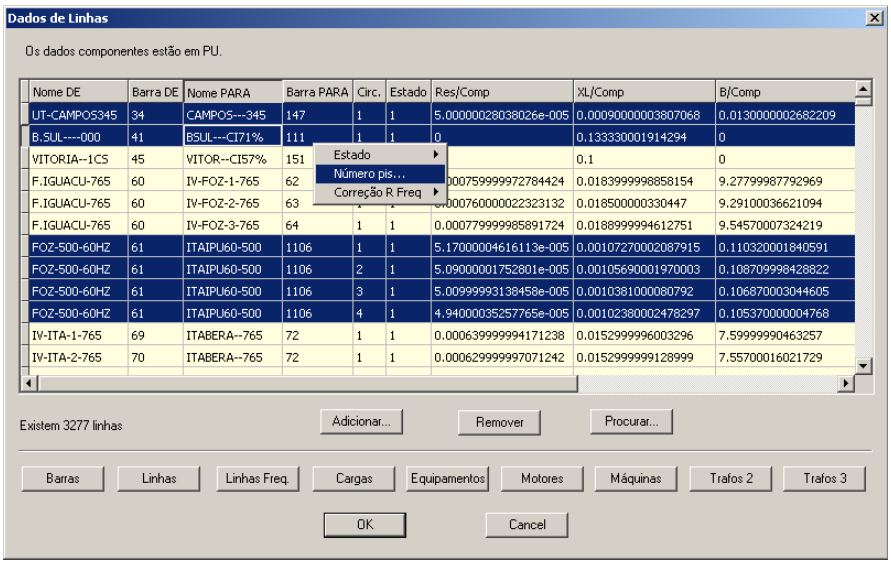


Figura 3.61: Modificação do número de pis de LTs pela interface gráfica.

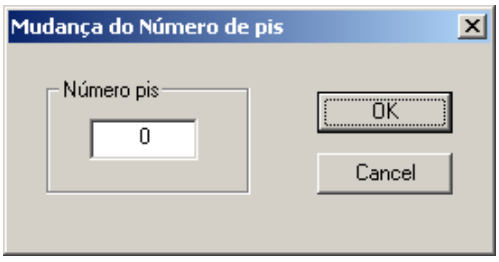


Figura 3.62: Diálogo para modificação do número de pis de LTs.

Para linhas de transmissão, transformadores de 2 enrolamentos e máquinas ainda é possível fazer modificações pela interface dos identificadores dos fatores de correção da resistência desses componentes com a frequência. Os identificadores podem ser trocados ou a correção da resistência pode ser desativada escolhendo a opção "Desativar". A janela "*pop-up*" com as linhas selecionadas onde o identificador de correção será modificado é apresentada no diálogo da Figura 3.63. O diálogo onde se pode escolher quais os identificadores possíveis está apresentado na Figura 3.64.

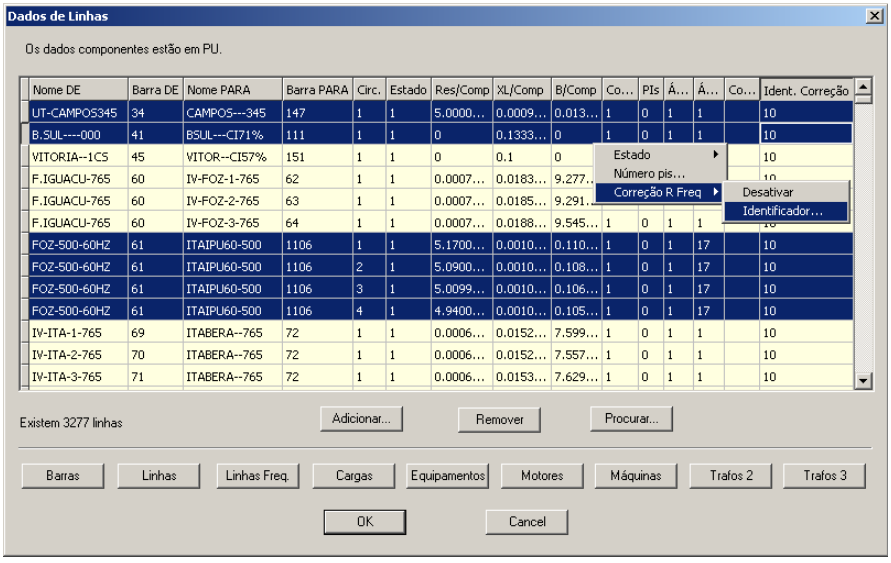

Dados de Linhas
Os dados componentes estão em PU.
Nome DE
Barra DE
Nome PARA
Barra PARA
Circ.
Estado
Res/Comp
XL/Comp
B/Comp
Co...
PIs
Á...
Á...
Co...
Ident. Correção
UT-CAMPOS345 34 CAMPOS---345 147 1 1 5.0000... 0.0009... 0.013... 1 0 1 1 10
B.SUL----000 41 BSUL---CI71% 111 1 1 0 0.1333... 0 1 0 1 1 10
VITORIA--1CS 45 VITOR--CI57% 151 1 1 0 0.1 0 10
F.IGUACU-765 60 IV-FOZ-1-765 62 1 1 0.0007... 0.0183... 9.277... 10
F.IGUACU-765 60 IV-FOZ-2-765 63 1 1 0.0007... 0.0185... 9.291...
F.IGUACU-765 60 IV-FOZ-3-765 64 1 1 0.0007... 0.0188... 9.545... 1 0 1 1
FOZ-500-60HZ 61 ITAIPU60-500 1106 1 1 5.1700... 0.0010... 0.110... 1 0 1 17 10
FOZ-500-60HZ 61 ITAIPU60-500 1106 2 1 5.0900... 0.0010... 0.108... 1 0 1 17 10
FOZ-500-60HZ 61 ITAIPU60-500 1106 3 1 5.0099... 0.0010... 0.106... 1 0 1 17 10
FOZ-500-60HZ 61 ITAIPU60-500 1106 4 1 4.9400... 0.0010... 0.105... 1 0 1 17 10
IV-ITA-1-765 69 ITABERA--765 72 1 1 0.0006... 0.0152... 7.599... 1 0 1 1 10
IV-ITA-2-765 70 ITABERA--765 72 1 1 0.0006... 0.0152... 7.557... 1 0 1 1 10
IV-ITA-3-765 71 ITABERA--765 72 1 1 0.0006... 0.0153... 7.629... 1 0 1 1 10
Estado
Número pis...
Correção R Freq
Desativar
Identificador...
Existem 3277 linhas
Adicionar...
Remover
Procurar...
Barras
Linhas
Linhas Freq.
Cargas
Equipamentos
Motores
Máquinas
Trafos 2
Trafos 3
OK
Cancel

Figura 3.63: Modificação do identificador do fator de correção pela interface.

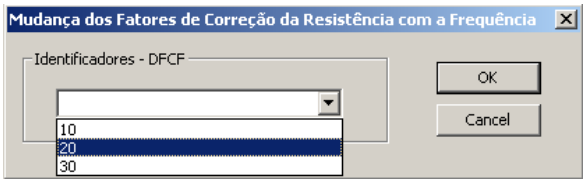


Figura 3.64: Diálogo para modificação do identificador do fator de correção.

Adição ou remoção de um elemento

Além de ser possível editar os dados carregados através de um arquivo de entrada (*hzs* ou *sav+stb*), também é possível adicionar ou remover elementos de um componente. O usuário então poderá adicionar novas barras, novas linhas, novos equipamentos, etc, ou então remover algum elemento que julgue necessário.

Adição ou remoção de uma barra

Para adicionar uma nova barra, basta um clique no botão "**Adicionar**" do diálogo **"Dados de Barramentos"** (ver Figura 3.53) que o diálogo da Figura 3.65 será apresentado. Deve-se preencher os campos necessários neste diálogo obedecendo os valores permitidos no item "**Código de Execução DBAR**". A nova barra adicionada estará posicionada como a última barra da janela "Dados de Barramentos" como apresentado no diálogo da Figura 3.66.

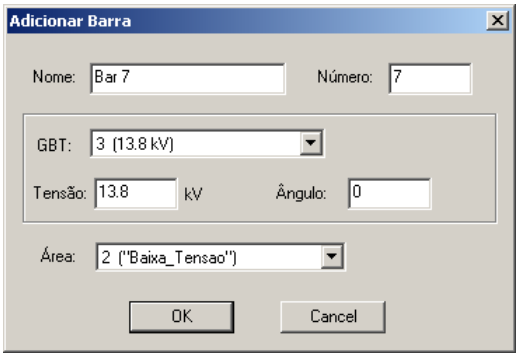


Figura 3.65: Diálogo para adição de uma nova barra.

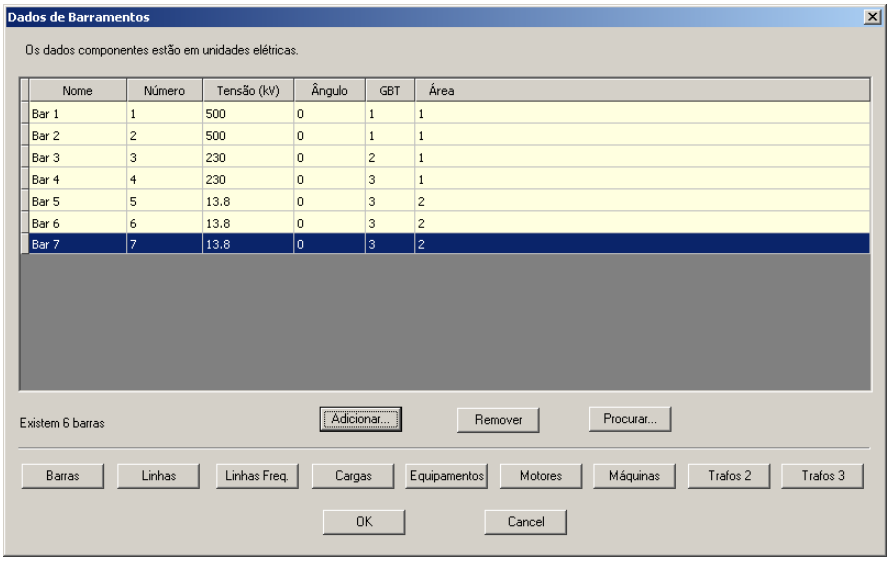


Figura 3.66: Nova barra adicionada pela interface gráfica.

Para remover uma barra existente, basta selecioná-la com o botão esquerdo do mouse (a linha correspondente à barra ficará marcada na cor azul) e pressionar o botão "**Remover**" ou pressionar a tecla "**Delete**". Caso se queira remover várias barras de uma só vez, deve-se selecionar as desejadas e pressionar o botão "**Remover**" ou pressionar a tecla "**Delete**". Vale lembrar que os comandos para selecionar os elementos consecutivos (tecla "**Shift**") ou não consecutivos (tecla "**Ctrl**") e o comando "**Ctrl+A**" para selecionar tudo estão habilitados.

Deve-se ter atenção especial ao remover uma barra, pois as diversas conexões de elementos da rede para a barra removida deixarão de existir. Todos os elementos que possuíam ligações com a barra removida apresentarão a mensagem "**Barra não encontrada**" no campo "**Nome DE**" ou "**Nome PARA**"(ou "**Nome Prim.**", "**Nome Séc.**" ou "**Nome Terc.**" para transformadores de 3 enrolamentos) ao invés de apresentar o nome da barra propriamente dito (nome da barra que é apresentado no código DBAR). Um exemplo desse tipo de problema é apresentado na Figura 3.67, onde a barra 5 do sistema exemplo de 6 barras foi excluída dos dados de barra. Se o usuário clicar no botão "**OK**", o relatório com os erros encontrados na configuração da rede é apresentado. Neste caso, este relatório é idêntico ao mostrado na Figura 3.56. Não será possível realizar nenhum cálculo utilizando o HarmZs até que esse problema seja resolvido ou o botão "**Cancelar**" seja utilizado, desfazendo todas as alterações realizadas.

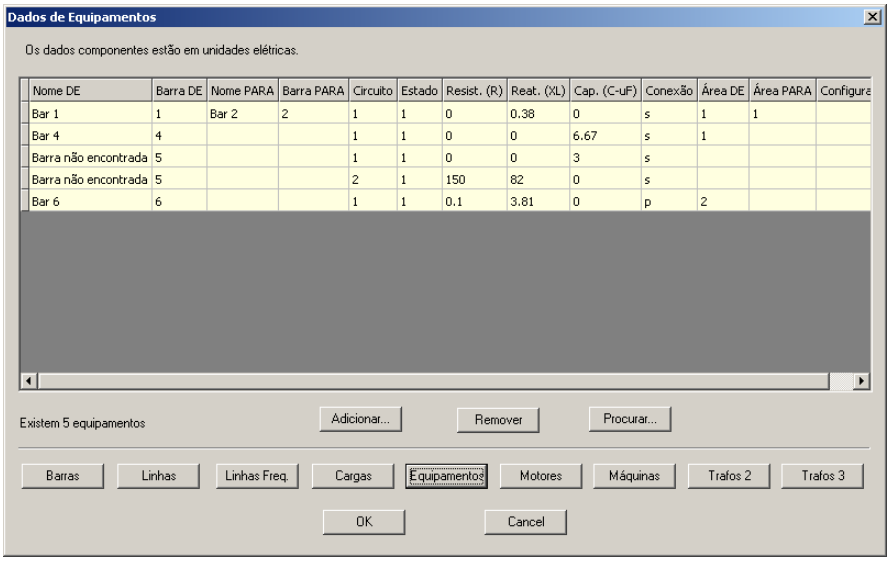

Dados de Equipamentos
Os dados componentes estão em unidades elétricas.
Nome DE | Barra DE | Nome PARA | Barra PARA | Circuito | Estado | Resist. (R) | Reat. (XL) | Cap. (C-uF) | Conexão | Área DE | Área PARA | Configura
Bar 1 | 1 | Bar 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0.38 | 0 | s | 1 | 1
Bar 4 | 4 | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 6.67 | s | 1
Barra não encontrada | 5 | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | s
Barra não encontrada | 5 | | | 2 | 1 | 150 | 82 | 0 | s
Bar 6 | 6 | | | 1 | 1 | 0.1 | 3.81 | 0 | p | 2
Existem 5 equipamentos
Adicionar...
Remover
Procurar...
Barras
Linhas
Linhas Freq.
Cargas
Equipamentos
Motores
Máquinas
Trafos 2
Trafos 3
OK
Cancel

Figura 3.67: Exemplo de problema na rede causado por remoção de uma barra.

Adição e remoção de outros elementos (linhas, cargas, transformadores, etc)

Para adicionar um novo elemento (linhas, equipamentos, transformadores de 2 e 3 enrolamentos, cargas, máquinas e motores) basta selecionar o diálogo do componente desejado e clicar no botão "**Adicionar...**". Desta forma, o diálogo para seleção da(s) barra(s) onde o novo elemento será conectado será apresentado.

Este diálogo é configurado para cada tipo de elemento. Deste modo, para elementos que só podem ser ligados entre um nó e a terra, somente será permitida a escolha da barra 1 (caso de máquinas, motores e cargas) como apresentado na Figura 3.68. Para elementos que podem ser ligados entre dois nós, serão permitidas as escolhas das barras 1 e 2 (caso de equipamentos, linhas e transformadores de 2 enrolamentos), sendo que para o caso particular de equipamentos ligados para o nó terra basta deixar o campo da barra 2 sem escolher nenhuma barra. Este diálogo é apresentado na Figura 3.69. Para transformadores de 3 enrolamentos, os três campos de escolha de barra estarão habilitados como apresentado na Figura 3.70.

Existe também o campo "**Circuito**" que não pode ser editado. Caso já exista um ou mais circuitos entre as barras nas quais o novo elemento será conectado, o campo "**Circuito**" é incrementado automaticamente para um novo valor que seja diferente dos identificadores já existentes. Note que este campo poderá ser modificado após a adição dos elementos, no diálogo principal de visualização e edição dos componentes da rede.

Vale lembrar que máquinas não possuem identificador de circuitos em seus dados, logo, esse campo "**Circuito**" não está habilitado quando o componente escolhido para ser adicionado for uma máquina. Como máquinas não possuem identificador de circuitos, para que não haja duplicidade de máquinas somente aparecerão na *combobox* "**Barra 1:**" as barras que não possuem máquinas conectadas a elas. O diálogo para adição de nova máquina é apresentado na Figura 3.71.

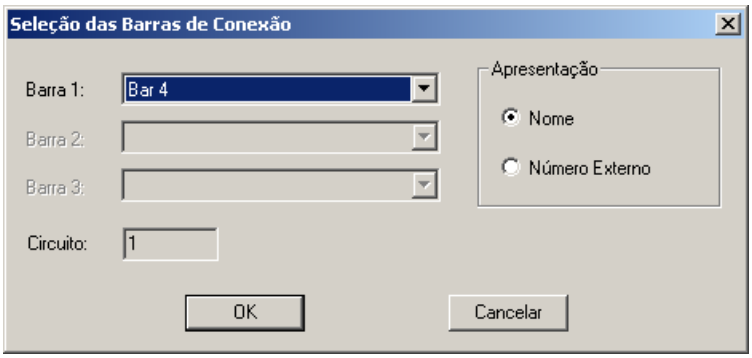


Figura 3.68: Diálogo para adição de novos elementos que somente podem ser ligados entre um nó e a terra (cargas e motores).

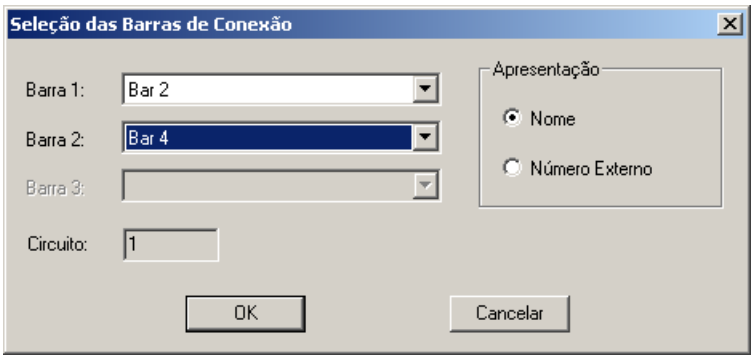


Figura 3.69: Diálogo para adição de novos elementos que podem ser ligados entre dois nós quaisquer(linhas, equipamentos e transformadores de 2 enrolamentos).

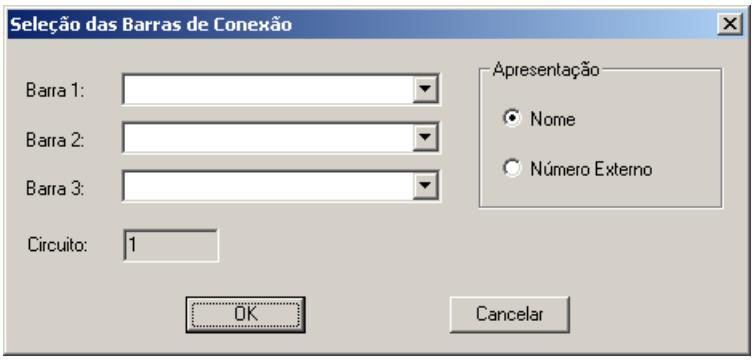


Figura 3.70: Diálogo para adição de transformadores de 3 enrolamentos.

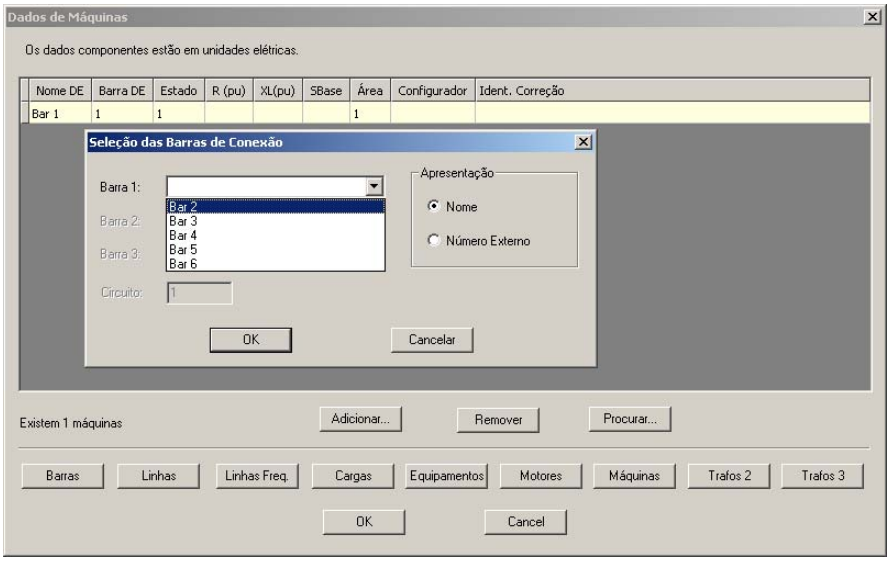


Figura 3.71: Diálogo para adição de máquinas.

Estas barras podem ser escolhidas através do seu nome ou do seu número externo, conforme mostrado nos diálogos da Figura 3.72 e Figura 3.73, respectivamente. Para isto basta escolher entre "**Nome**" ou "**Número Externo**" na caixa "**Apresentação**".

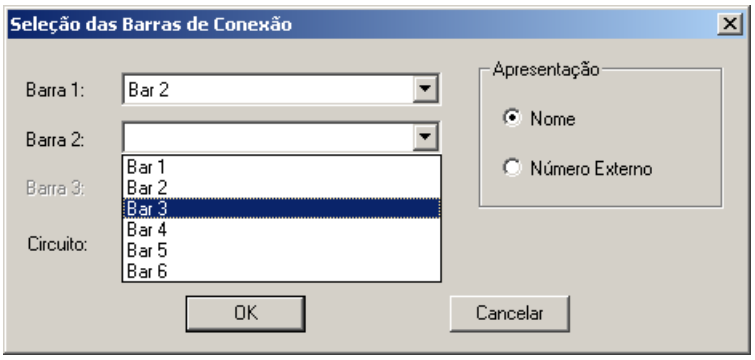


Figura 3.72: Seleção das barras através do nome.

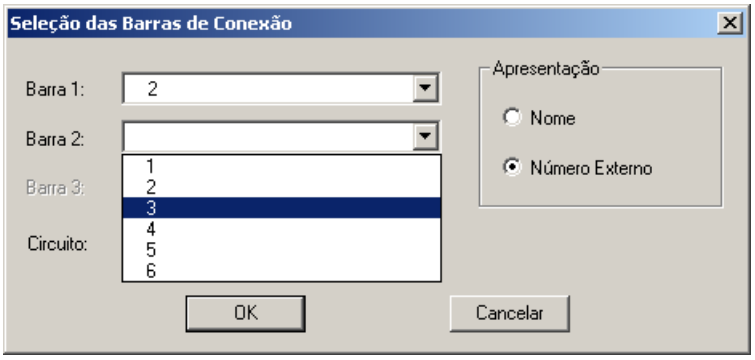


Figura 3.73: Seleção das barras através do número externo.

Depois de escolher as barras e clicar no botão **"OK"** do diálogo "**Seleção das Barras de Conexão**", deve-se preencher os campos necessários no diálogo principal de visualização e edição de dados dos componentes, obedecendo os valores permitidos no item "**Códigos de Execução**".

Para remover um elemento existente, basta clicar com o botão esquerdo do mouse sobre o elemento escolhido, ficando a linha deste elemento marcada na cor azul, e apertar o botão "**Remover**" ou pressionar a tecla "**Delete**". Caso se queira remover vários elementos de uma só vez, deve-se selecionar os desejados e pressionar o botão "**Remover**" ou pressionar a tecla "**Delete**". Vale lembrar que os comandos para selecionar os elementos consecutivos (tecla "**Shift**") ou não consecutivos (tecla "**Ctrl**") e o comando "**Ctrl+A**" para selecionar tudo estão habilitados.

Todos os passos acima descritos para adição ou remoção de barras e de outros elementos só terão validade se o botão de "**OK**" do diálogo principal dos componenetes for selecionado. Caso o usuário feche a caixa através do botão ou do botão "**Cancelar**", todas as mudanças serão perdidas.

Vale lembrar que a remoção ou a mudança do estado para desligado de um elemento pode levar a um ilhamento, a uma desativação de barras e até mesmo ao desligamento de outros elementos. Uma ilha é um conjunto de barras interconectadas por elementos onde a barra de referência (terra) está incluída. Assim, pelo menos uma das barras deverá estar conectada através de um elemento qualquer para a terra. Observe que duas barras conectadas entre si por uma linha de transmissão também estão conectadas à terra se a capacitância transversal da linha estiver sendo comsiderada no seu modelo. Quando o conjunto de barras não incluir a barra de referência, estas barras deverão ser desativadas para não tornar o sistema de equações que descrevem a rede elétrica singular.

Estes processos de identificação de ilhas elétricas e de desativação de barras são feitos automaticamente pelo programa HarmZs, que possui uma rotina de configuração de redes. O número de ilhamentos de um sistema pode ser visualizado no diálogo "**Dados do Caso**" encontrado no menu "**Editar**".

Deve-se observar que caso o elemento removido (ou desligado) pelo usuário seja adicionado novamente (ou religado), os elementos desligados pelo configurador de redes em função desta remoção serão religados automaticamente.

Considere que o elemento removido levou a desativação de um conjunto de barras. Se este elemento for religado e esta operação levar à inclusão da barra de referência neste conjunto, suas barras serão novamente ativadas automaticamente pelo configurador de redes.

O usuário pode verificar quais barras estão desativadas e quais elementos estão conectados a elas, (com o estado desligado). Para esta verificação, basta clicar no submenu "**Barras Desativadas...**" que pode ser encontrado no menu "**Editar->Dados da Rede**" como apresentado na Figura 3.74 e o diálogo para visualização das barras desativadas da Figura 3.75 será apresentado. Esse menu só estará ativo caso existam barras desativadas na rede.

Note que o campo "**Configurador**" apresenta os elementos que foram desligados pelo usuário (marcados com "**Não atuou**") e os elementos que foram desligados pelo configurador de redes devido a desativação de alguma barra (marcados com "**Atuou**"). A atuação do configurador de redes em um elemento pode ser visto também diretamente no campo "**Configurador**" na interface de visualização e edição dos dados de entrada como apresentado na Figura 3.76 onde o equipamento RLC conectado entre as barras 1 e 2 foi desligado pelo configurador devido à desativação da barra 1. Caso a barra 1 seja novamente ativada pelo configurador, este equipamento RLC será novamente ligado e o campo "**Configurador**" não será mais marcado com o texto "**Atuou**". Vale lembrar que o configurador de redes só é executado após a modificação dos parâmetros de um elemento caso o botão "**OK**" seja clicado.

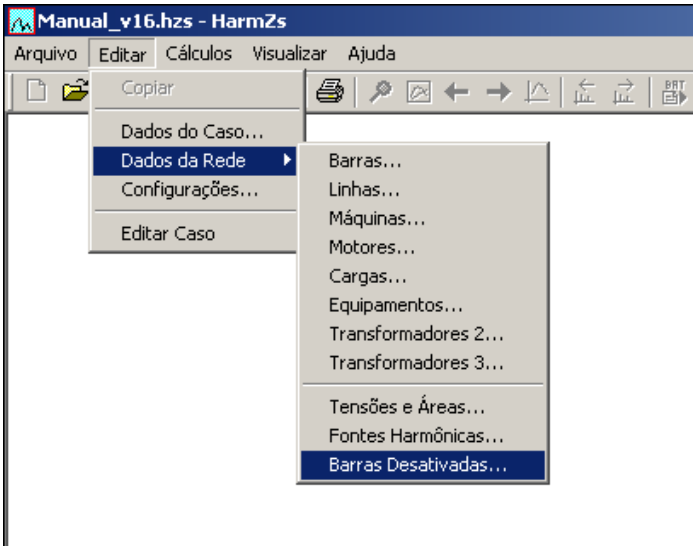


Figura 3.74: Menu para visualização das barras desativadas e dos respectivos elementos ligados a ela.

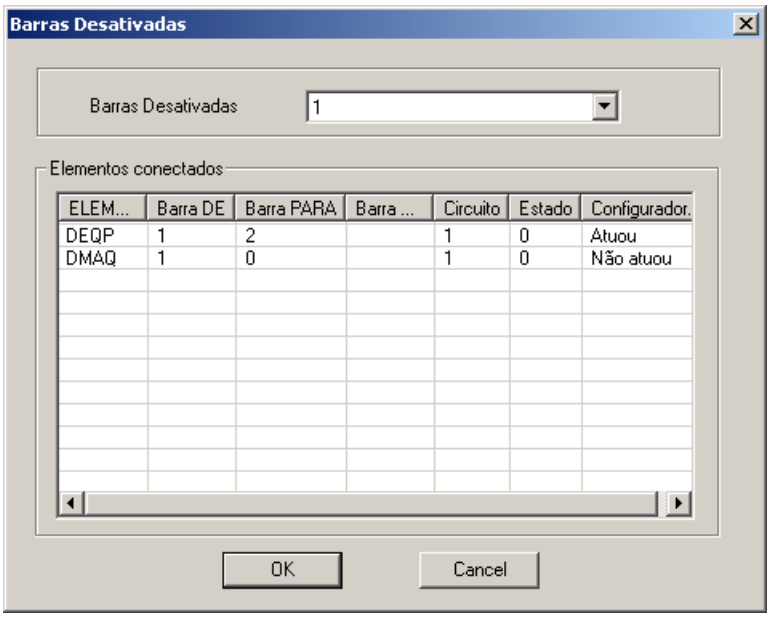


Figura 3.75: Diálogo com as barras desativadas da rede com os elementos ligados a ela.

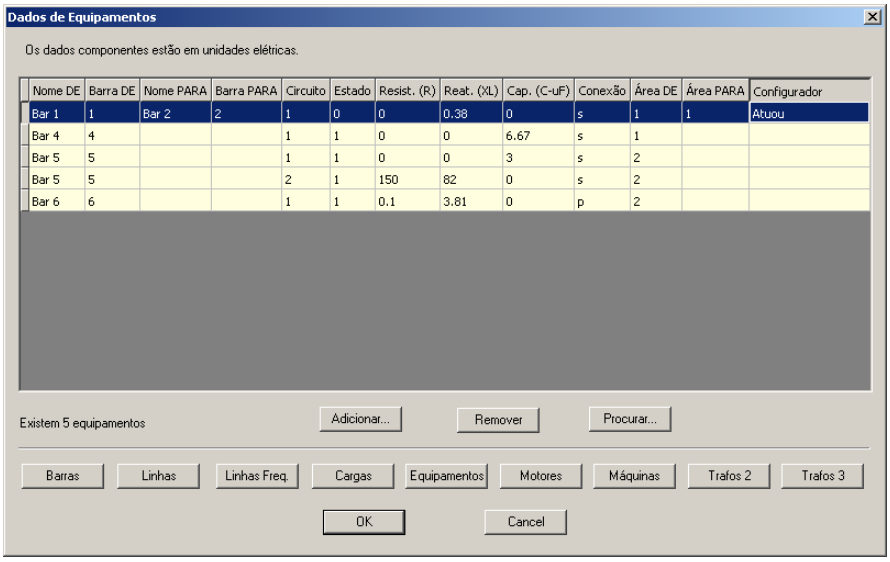

Dados de Equipamentos
Os dados componentes estão em unidades elétricas.
Nome DE | Barra DE | Nome PARA | Barra PARA | Circuito | Estado | Resist. (R) | Reat. (XL) | Cap. (C-uF) | Conexão | Área DE | Área PARA | Configurador
Bar 1 | 1 | Bar 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0.38 | 0 | s | 1 | 1 | Atuou
Bar 4 | 4 | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 6.67 | s | 1 | |
Bar 5 | 5 | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | s | 2 | |
Bar 5 | 5 | | | 2 | 1 | 150 | 82 | 0 | s | 2 | |
Bar 6 | 6 | | | 1 | 1 | 0.1 | 3.81 | 0 | p | 2 | |
Existem 5 equipamentos
Adicionar...
Remover
Procurar...
Barras
Linhas
Linhas Freq.
Cargas
Equipamentos
Motores
Máquinas
Trafos 2
Trafos 3
OK
Cancel

Figura 3.76: Diálogo apresentando a atuação do configurador de redes em um elemento.

Diálogo para localização de textos na interface de dados de entrada

Muitas vezes a quantidade de dados é tão grande que a procura por um dado específico pode tomar muito tempo, terminando quando o mesmo é encontrado ou quando se conclua que este não existe, pois não pôde ser visualizado. Como facilidade para o usuário, foi desenvolvida uma ferramenta de procura onde um texto pode ser localizado em um lista inteira de dados ou em uma coluna específica. Para utilizar essa ferramenta, basta clicar no botão "**Procurar...**", após escolher o componente a ser visualizado (dados de barramento, linhas, cargas, equipamentos, etc), como apresentado na Figura 3.77, ou pressionar a tecla "**F**" mantendo-se pressionada a tecla "**Ctrl**" (**Ctrl +F**) que o diálogo da Figura 3.78 será apresentado.

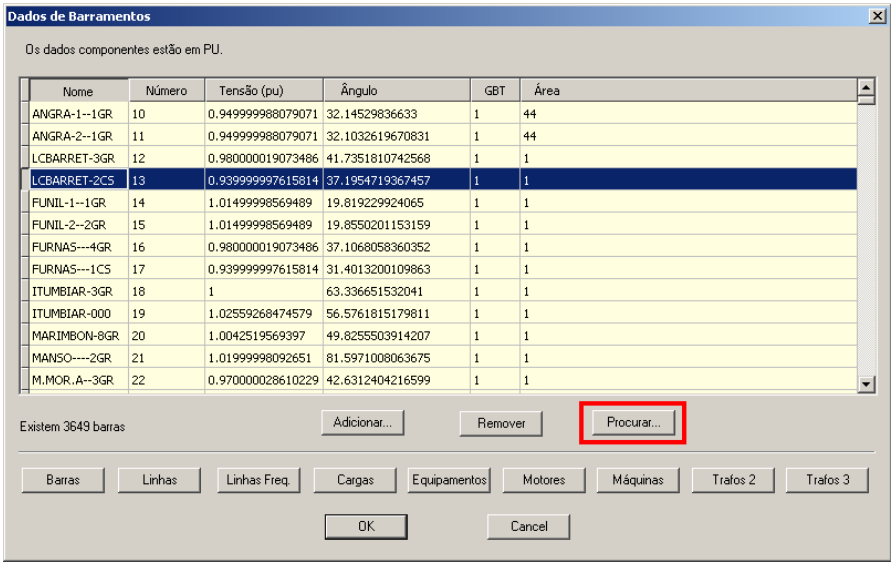


Figura 3.77: Botão para abertura do diálogo de procura.

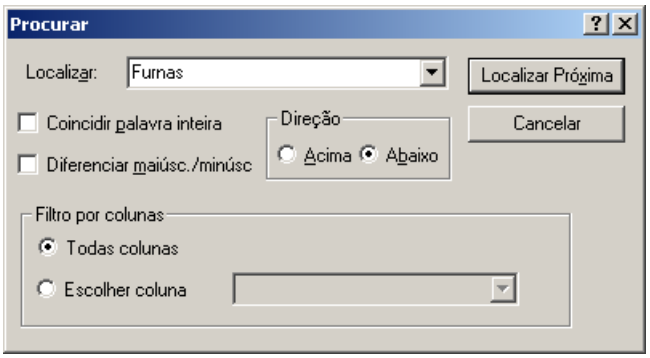


Figura 3.78: Diálogo para localização de textos na interface de dados de entrada.

Nesse diálogo existe a possibilidade de utilização de filtros para refinar a busca por um texto. A seguir estão descritas as funcionalidades desses filtros.

O filtro "**Coincidir palavra inteira**" é usado para diferenciar a localização de palavras inteiras das que são parte de uma palavra maior.

O filtro "**Diferenciar maiúsc./minúsc**" diferencia os caracteres maiúsculos de minúsculos. Quando "**Diferenciar maiúsc./minúsc**" é selecionado, a ferramenta localiza apenas os casos em que as letras maiúsculas e minúsculas coincidem com o texto presente no campo "**Localizar:**".

O campo "**Direção**" indica a direção em que se quer efetuar a busca em relação à linha que está marcada no diálogo para visualização e edição dos dados de entrada (Figura 3.77). Se escolhida a opção "**Abaixo**", que é padrão ("default") quando se abre o diálogo de localização, a busca será efetuada da linha marcada para baixo. Caso nenhuma linha esteja marcada em azul, a procura é feita a partir da primeira linha. Se escolhida a opção "**Acima**", a busca será efetuada da linha marcada para cima. Neste caso, se nenhuma linha estiver marcada, como a busca começa da primeira linha, nenhum dado será encontrado, e a mensagem da Figura 3.79 será apresentada.

Figura 3.79: Mensagem de texto não encontrado.

O usuário ainda pode escolher a coluna onde o texto deverá ser procurado. No quadro "**Filtro por colunas**", marcando a opção "**Escolher coluna**", será possível escolher uma das colunas da lista, sendo que para cada componente (barras, linhas, esquipamentos, cargas, etc) o número de colunas e o nome das mesmas variam. Um exemplo desse filtro de colunas para o componente barras é apresentado na Figura 3.80.

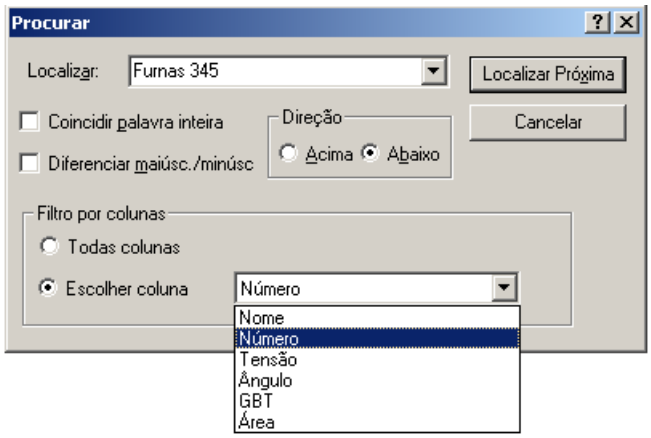


Figura 3.80: Opção de procura de texto utilizando o filtro de colunas.

Após escolher as opções desejadas e/ou o filtro de colunas, basta pressionar o botão "**Localizar Próxima**" e, caso o texto seja encontrado, a linha do diálogo que o contém ficará marcada na cor azul. Como exemplo, foi procurada a palavra Furnas e na Figura 3.81 está apresentado o resultado da busca.

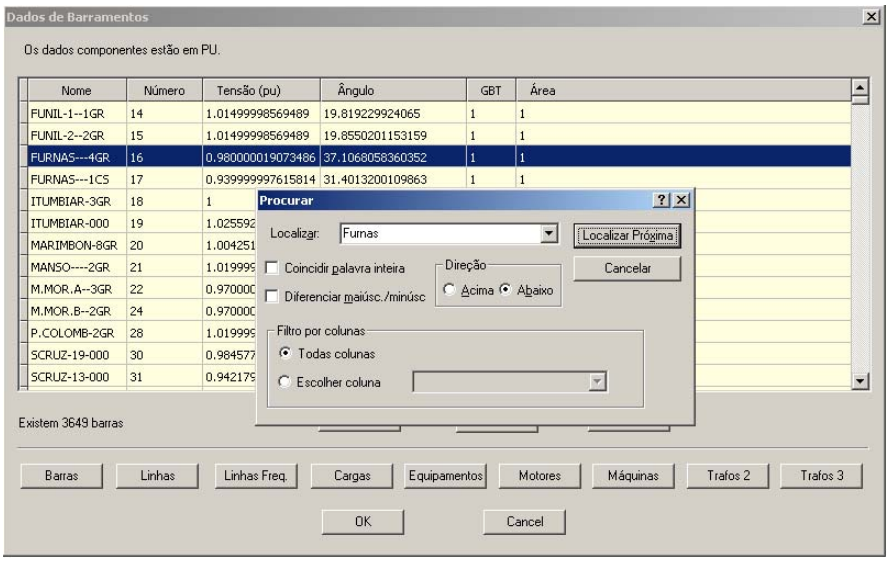


Figura 3.81: Resultado da busca pela palavra "Furnas".

Caso o usuário tenha encontrado o texto desejado, como no exemplo anterior da palavra "Furnas", mas queira continuar a procura por mais ocorrências do mesmo, basta pressionar o botão "**Localizar Próxima**" quantas vezes julgar necessário, ou até que a mensagem indicando que o dado não foi mais encontrado (Figura 3.79) seja apresentada.

Ao digitar o texto e pressionar o botão "**Localizar Próxima**", o mesmo será guardado na combobox ("**Localizar**") e estará disponível no histórico da combobox para futuras procuras. Um exemplo de alguns textos procurados anteriormente e guardados para buscas futuras é apresentado na Figura 3.82.

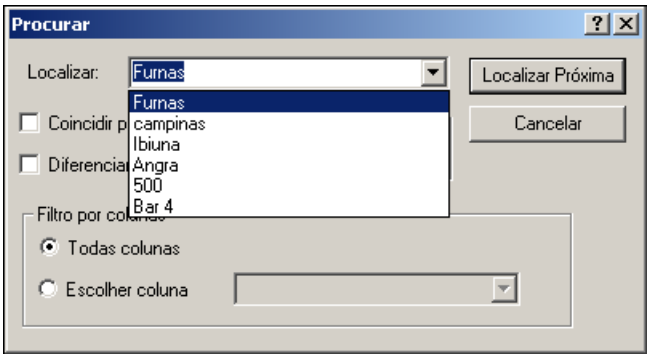


Figura 3.82: Histórico das procuras realizadas anteriormente.

Visualização e Edição de Grupos de Tensão e Áreas

Como citado no início deste capítulo, existe a possibilidade de visualizar e editar os dados dos grupos base de tensão e das áreas. Para acessar o diálogo para visualização e edição desses dados, basta clicar na opção "**Tensões e Áreas**" encontrada no submenu "**Dados da Rede**" do menu "**Editar**", conforme apresentado na Figura 3.83.

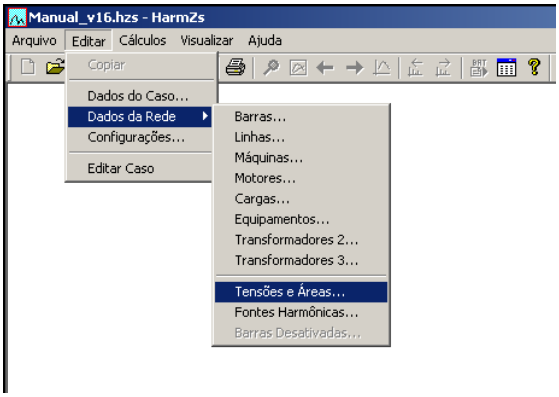


Figura 3.83: Acesso ao diálogo para visualizar e editar os dados de grupos base de tensão e de áreas.

Na Figura 3.84 está mostrado o diálogo para visualização e edição desses dados.

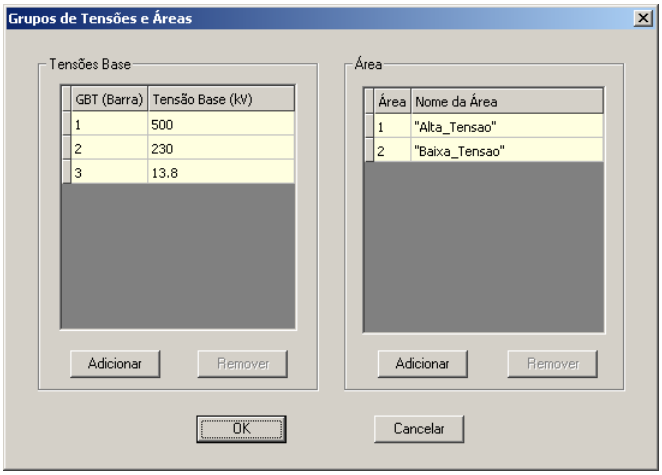


Figura 3.84: Diálogo para visualização e edição dos dados de grupos base de tensão e de áreas.

Para adicionar um novo grupo base de tensão ou uma nova área, basta um clique no botão "**Adicionar**"correspondente que o valor "**0**" será adicionado após o último grupo ou área existente. O valor padrão para a tensão base para um novo grupo adicionado é 1 kV. Não existe valor padrão para o nome da nova área adicionada. Depois de se adicionar, deve-se preencher os campos necessários (campos "**GBT (Barra)**" e "**Tensão Base (kV)**" no caso do Grupo Base de Tensão ou campos "**Área**" e "**Nome da Área**" no caso de ser uma nova área), obedecendo os valores permitidos nos itens "**Código de Execução DGBT**" ou "**Código de Execução DARE**".

Para remover um grupo ou área existente, basta clicar com o mouse sobre o item escolhido, ficando o mesmo marcado na cor azul, e apertar o botão "**Remover**" ou pressionar a tecla "**Delete**". Caso se queira remover vários itens de uma só vez, deve-se selecionar os desejados e pressionar o botão "**Remover**" ou pressionar a tecla "**Delete**". Vale lembrar que os comandos para selecionar os itens consecutivos (tecla "**Shift**") ou não consecutivos (tecla "**Ctrl**") e o comando "**Ctrl+A**" para selecionar tudo estão habilitados.

Deve-se ter atenção especial ao remover um grupo ou área, pois diversas barras passaram a pertencer a um grupo ou a uma área inexistente. Para que não haja problemas deste tipo, o usuário deverá verificar os dados de barras e trocar os grupos ou as áreas removidos por grupos ou áreas existentes. Por esse motivo, neste tipo de remoção, as mensagens da Figura 3.85 e Figura 3.86 serão apresentadas como lembrete sobre a verificação dos dados de barra.

HarmZs
Ao remover um grupo base de tensão existente, deve ser verificado o campo do grupo base referente ao código DBAR.
OK

Figura 3.85: Aviso emitido após remoção de algum grupo base de tensão.

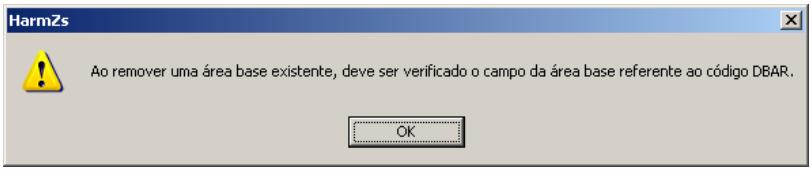


Figura 3.86: Aviso emitido após remoção de alguma área.

Caso este procedimento de mudança dos grupos base de tensão ou das áreas nos dados de barras não seja realizado, quando o usuário abrir o diálogo de visualização e edição dos dados dos componentes da rede e clicar no botão "**OK**", um relatório indicando problemas na rede será apresentado. Um exemplo simples deste relatório está apresentado na Figura 3.87.

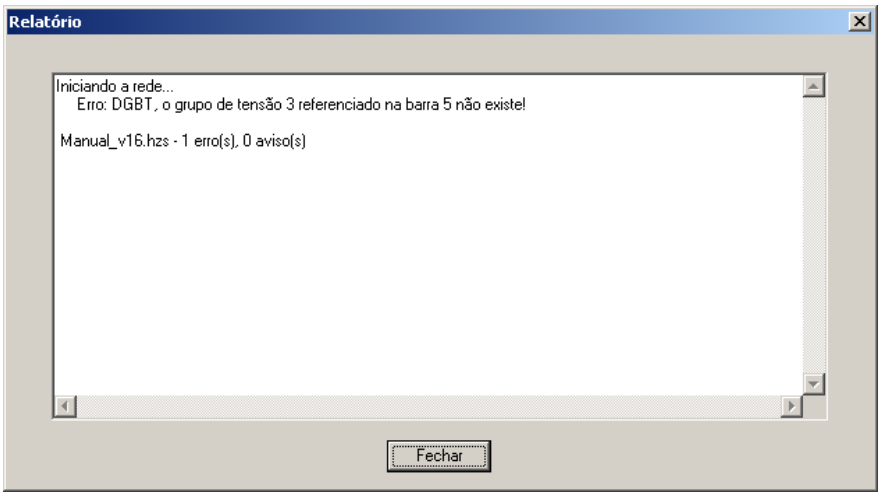

Relatório
Iniciando a rede...
Erro: DGBT, o grupo de tensão 3 referenciado na barra 5 não existe!
Manual_v16.hzs - 1 erro(s), 0 aviso(s)
Fechar

*Figura 3.87: Diálogo de problemas na rede devido a remoção de um grupo base sem que seja devidadamente modificado o campo **"GBT"** do diálogo de dados de barra.*

As modificações só serão carregadas caso o botão "**OK**" seja acionado.

Visualização e Edição de Fontes Harmônicas

Para acessar o diálogo dos dados de fontes harmônicas, basta clicar na opção "**Fontes Harmônicas...**" encontrada no submenu "**Dados da Rede**" do menu "**Editar**", de forma análoga a escolha da opção "**Tensões e Áreas...**" mostrado na Figura 3.83.

Visualizar e editar os dados das fontes harmônicas existentes, adicionar novas fontes ou freqüências ou remover fontes e freqüências existentes são as vantagens do diálogo mostrado na Figura 3.88.

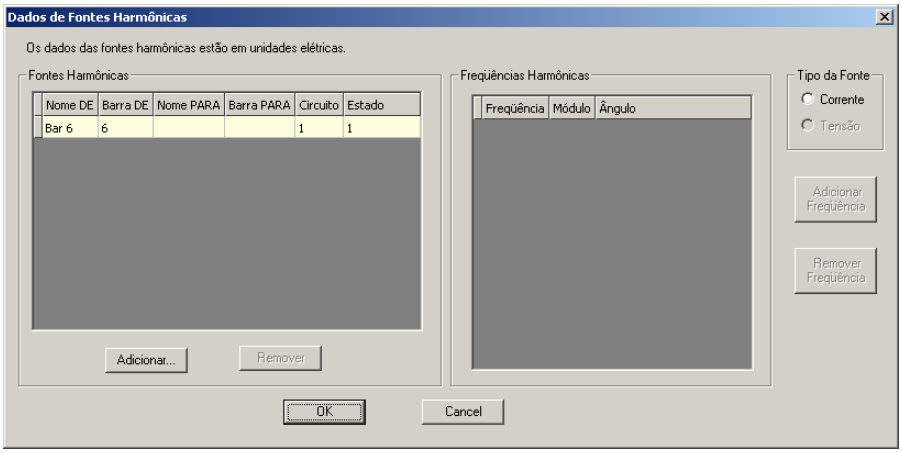


Figura 3.88: Diálogo de dados de fontes harmônicas.

Pode-se verificar que, para cada fonte existente, são apresentados no quadro "**Fontes Harmônicas**" os campos "**Nome DE**", "**Barra DE**", "**Nome PARA**", "**Barra PARA**", "**Circuito**" e "**Estado**". Escolhendo uma das fontes disponíveis, no quadro "**Freqüências Harmônicas**" os campos "**Freqüência**", "**Módulo**" e "**Ângulo**" serão prenchidos com os dados das freqüências da fonte selecionada. Ao abrir o diálogo, esses campos estarão vazios esperando que o usuário escolha uma fonte para visualização. Um exemplo desse procedimento está mostrado na Figura 3.89.

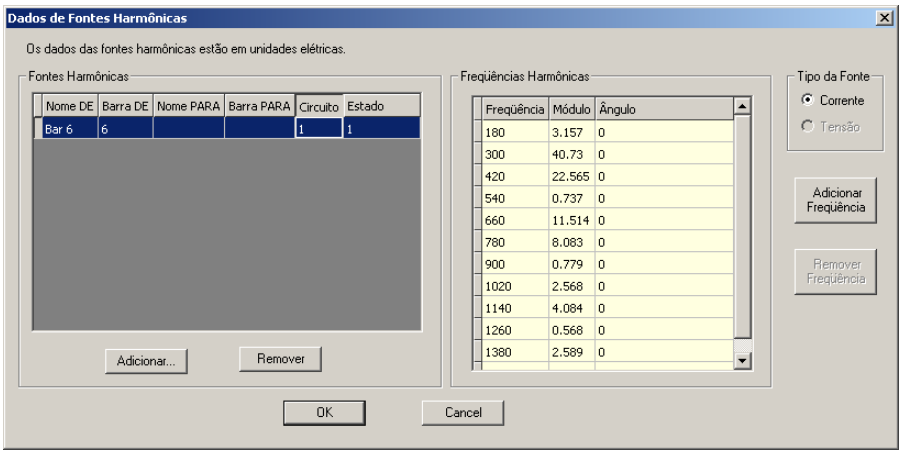


Figura 3.89: Visualização dos dados de uma fonte harmônica.

Adição, Remoção e edição de uma fonte harmônica

Para adicionar uma nova fonte harmônica às fontes já existentes, deve-se clicar no botão "**Adicionar...**" que o diálogo da Figura 3.90 será apresentado. Basta então escolher a "**Barra 1**", a "**Barra 2**" (quando a fonte for conectada para o nó terra não há necessidade de escolher esse campo) e o número do circuito para a nova fonte adicionada. Deve ser informado se a fonte deverá estar ligada ou desligada, sendo que o valor padrão será "**Ligada**". Nesta versão do programa HarmZs, somente fontes de correntes poderão ser adicionadas. No quadro "**Apresentação**", o usuário poderá escolher as barras DE (combobox "**Barra 1**") e PARA (combobox "**Barra 2**") através do seu nome ou através do seu número externo.

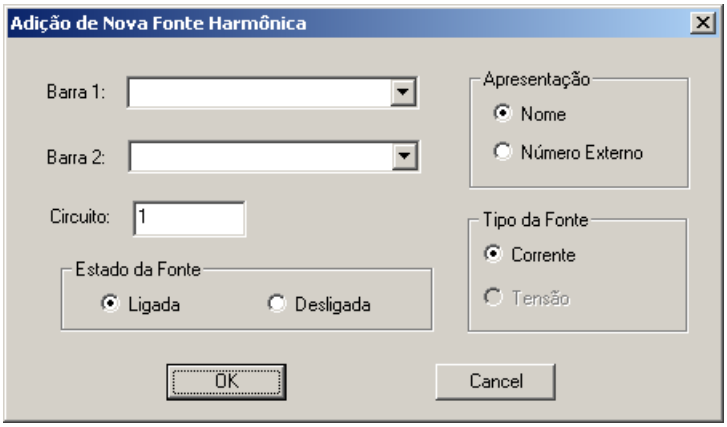


Figura 3.90: Adição de nova fonte harmônica.

É importante observar que o número do circuito deve ser corretamente informado, evitando-se assim conflitos com possíveis fontes já existentes. Para prevenir esses conflitos, no momento da adição da nova fonte, caso o usuário escolha um circuito já existente, a mensagem da Figura 3.91 será apresentada e a fonte não será adcionada.

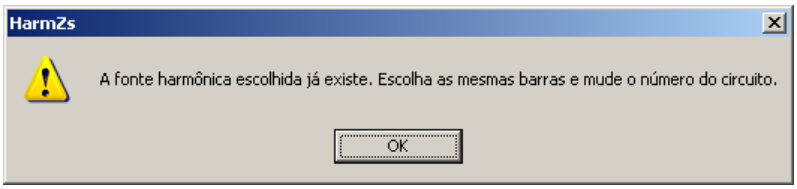


Figura 3.91: Mensagem apresentada após adição de fonte com circuito já existente.

Para remover uma fonte, basta selecioná-la e clicar no botão "**Remover**".

Para editar os dados contidos no quadro "**Fontes Harmônicas**", deve-se clicar com o botão esquerdo do mouse para escolher a fonte desejada e depois clicar sobre o campo que será editado. Com isso, o campo ficará com o fundo branco e cursor começará a piscar. Esse passo é mostrado na Figura 3.92.

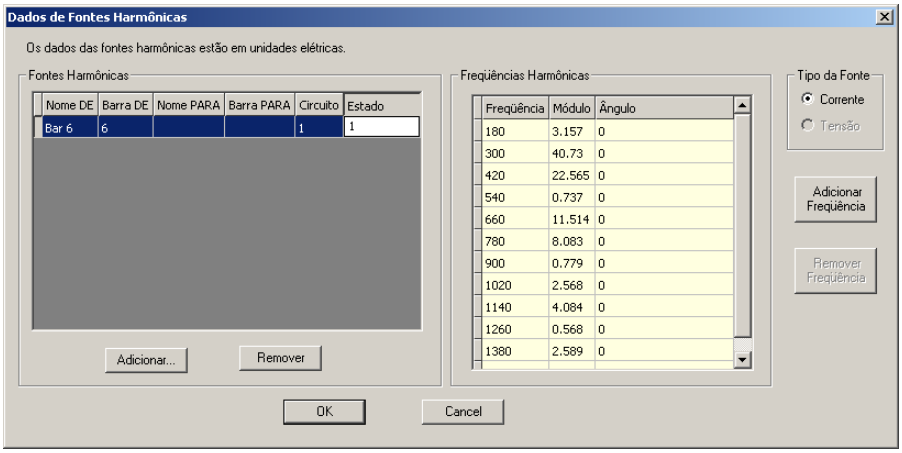

Dados de Fontes Harmônicas
Os dados das fontes harmônicas estão em unidades elétricas.
Fontes Harmônicas
Nome DE | Barra DE | Nome PARA | Barra PARA | Circuito | Estado
Bar 6 | 6 | | | 1 | 1
Adicionar...
Remover
Freqüências Harmônicas
Freqüência | Módulo | Ângulo
180 | 3.157 | 0
300 | 40.73 | 0
420 | 22.565 | 0
540 | 0.737 | 0
660 | 11.514 | 0
780 | 8.083 | 0
900 | 0.779 | 0
1020 | 2.568 | 0
1140 | 4.084 | 0
1260 | 0.568 | 0
1380 | 2.589 | 0
Tipo da Fonte
Corrente
Tensão
Adicionar Freqüência
Remover Freqüência
OK
Cancel

Figura 3.92: Edição do campo de uma fonte harmônica.

Os estados de diversas fontes harmônicas podem ser modificados simultâneamente. Para isto, basta selecionar os elementos, clicar com o botão direito do mouse sobre um dos escolhidos que uma janela *pop-up*, como a apresentada na Figura 3.93, estará disponível para este tipo de mudança. Vale lembrar que os comandos para selecionar os itens consecutivos (tecla "**Shift**") ou não consecutivos (tecla "**Ctrl**") e o comando "**Ctrl+A**" para selecionar tudo estão habilitados.

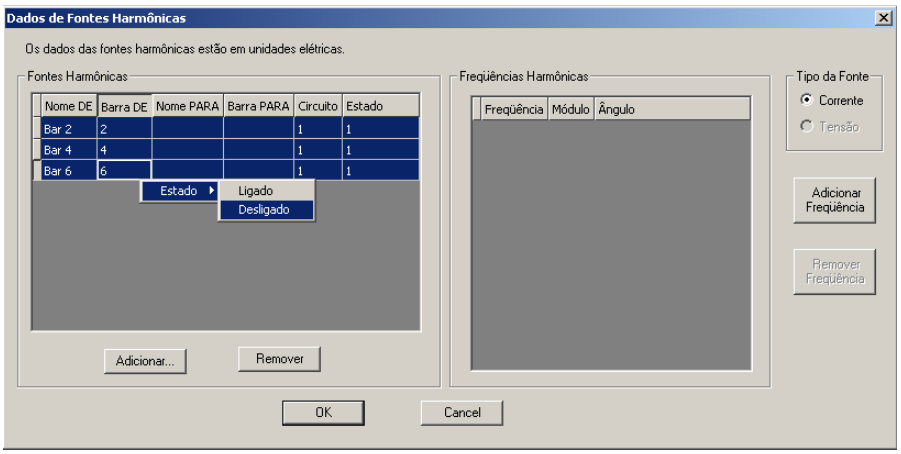

Dados de Fontes Harmônicas
Os dados das fontes harmônicas estão em unidades elétricas.
Fontes Harmônicas
Nome DE | Barra DE | Nome PARA | Barra PARA | Circuito | Estado
Bar 2 | 2 | | | 1 | 1
Bar 4 | 4 | | | 1 | 1
Bar 6 | 6 | | | 1 | 1
Estado
Ligado
Desligado
Adicionar...
Remover
Freqüências Harmônicas
Freqüência | Módulo | Ângulo
Tipo da Fonte
Corrente
Tensão
Adicionar Freqüência
Remover Freqüência
OK
Cancel

Figura 3.93: Janela pop-up para edição do estado de fontes harmônicas.

Os campos devem ser modificados respeitando-se os valores possíveis permitidos. Esses valores permitidos podem ser encontrados no item "**Código de Execução DSRC**".

Como no procedimento de adição, caso existam duas fontes conectadas às mesmas barras, com números de circuito distintos, se o usuário trocar o número do circuito de uma das fontes para um número igual ao do circuito da outra fonte existente, a mensagem da Figura 3.94 será apresentada e a alteração do número do circuito não será efetuada.

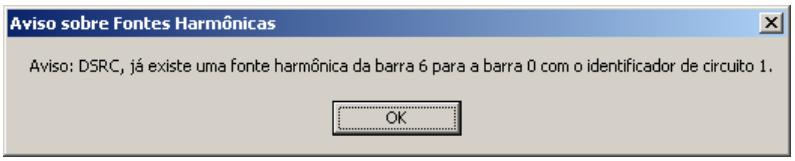

Aviso sobre Fontes Harmônicas
Aviso: DSRC, já existe uma fonte harmônica da barra 6 para a barra 0 com o identificador de circuito 1.
OK

Figura 3.94: Aviso apresentado após a tentativa de modificação do número do circuito de uma fonte para o de outra já existente.

Adição, remoção e edição dos campos "Freqüência", "Módulo" e "Ângulo" de uma fonte harmônica

Após adicionar uma fonte harmônica, o usuário deverá preencher os campos relativos à freqüência, módulo e ângulo encontrados no quadro "**Freqüências Harmônicas**". Para isso, o usuário deverá selecionar com o botão esquerdo do mouse, no quadro "**Fontes Harmônicas**", a fonte recém adicionada, ficando a linha deste elemento marcada na cor azul. Após este procedimento, deve-se clicar no botão "**Adicionar Freqüência**" no quadro "**Freqüências Harmônicas**" que todos os campos relativos a uma freqüência serão prenchidos com valores nulos, bastando ao usuário modificá-los para os valores desejados.

Pode-se também adicionar novos valores de freqüência para as fontes já existentes.

Para editar os dados contidos no quadro "**Freqüências Harmônicas**" (freqüência, módulo e ângulo), deve-se clicar com o botão esquerdo do mouse para escolher a freqüência desejada e depois clicar sobre o campo que será editado. Com isso, o campo ficará em destaque na cor azul e cursor começará a piscar. Esse passo é mostrado na Figura 3.95.

Para remover alguma freqüência, basta selecioná-la e clicar no botão "**Remover Freqüência**".

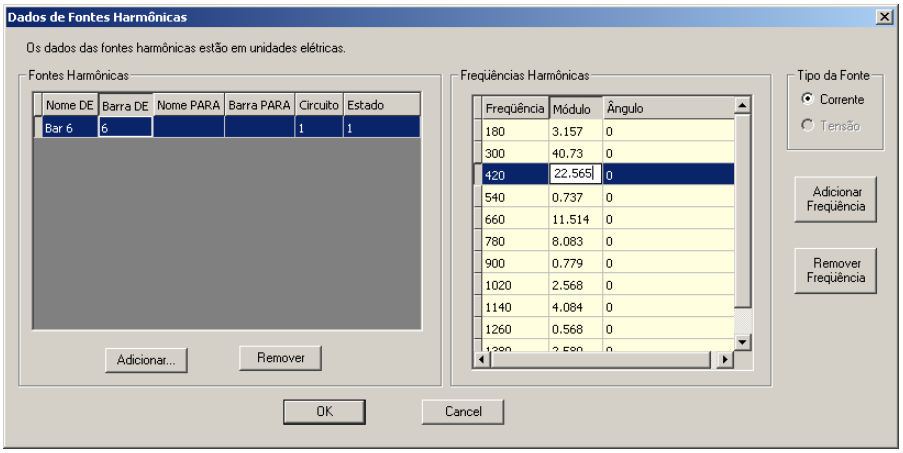


Figura 3.95: Edição dos dados de freqüência para uma fonte harmônica selecionada.

Evidentemente, ao editar os dados, deve-se estar atento para respeitar os valores possíveis, que são encontrados no item "**Código de Execução DSRC**".

Os dados modificados somente serão aceitos (carregados na memória do computador) quando o usuário acionar o botão "**OK**". Caso a janela seja fechada ou o usuário clicar no botão "**Cancelar**" todas as mudanças serão perdidas.

Gravação dos Dados Após Edição

Caso seja de interesse do usuário gravar os dados editados em um arquivo **.hzs* para ser carregado no futuro, basta ir no menu "**Arquivo**" e escolher uma das opções "**Salvar**" ou "**Salvar Como...**". Se os dados carregados na memória forem provenientes de um arquivo **.hzs* e a opção escolhida for "**Salvar Como...**", o usuário deverá escolher um nome para o arquivo a ser salvo. Por outro lado, se os dados carregados na memória forem provenientes de um arquivo histórico do Anarede, o usuário deverá escolher um nome para o arquivo a ser salvo independentemente da opção escolhida (mais informações em "**Gravação de Dados de Entrada Carregados em Memória**".

Caso o usuário desejar sair do programa sem executar o procedimento acima, surgirá uma mensagem perguntando se ele deseja salvar essas mudanças. Essa mensagem está mostrada na Figura 3.96. Escolhendo a opção "**Sim**", deve ser fornecido nome do arquivo e onde deseja salvá-lo. Escolhendo "**Não**" o programa será finalizado sem salvar os dados. No caso da opção escolhida ser "**Cancelar**", o programa voltará para a tela principal e os dados não serão gravados no arquivo **.hzs*, mas ao tentar sair novamente do aplicativo HarmZs, o diálogo da Figura 3.96 será reapresentado.

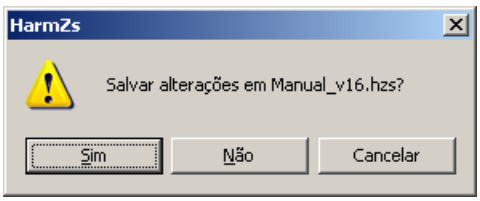


Figura 3.96: Diálogo para salvar modificações ao sair do programa.

Tipos de Cálculo

Após a leitura dos dados do sistema elétrico pode-se executar o programa através da opção "**Cálculos**", disponível no menu principal, conforme mostrado na Figura 3.97.

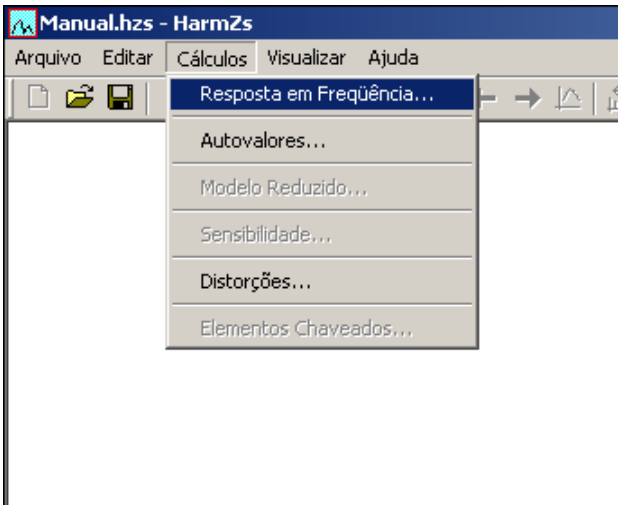


Figura 3.97: Opção "Cálculos"

Como pode ser observado, existem 6 tipos de cálculo disponíveis no programa:

1. Resposta em Freqüência
2. Autovalores
3. Modelo Reduzido (é necessário que já se tenha calculado pelo menos um pólo para esta opção estar habilitada)
4. Sensibilidade (é necessário que já se tenha calculado pelo menos um autovalor para esta opção estar habilitada)
5. Distorções
6. Elementos Chaveados (ainda não disponível na versão atual)

Resposta em Freqüência

Este diálogo permite acessar todas as opções possíveis para o traçado de propriedades de funções de transferência, como módulo, ângulo, parte real e parte imaginária em função da freqüência e parte imaginária em função da parte real. Destacam-se os seguintes recursos:

- Discretização das freqüências por faixas de interesse, ou seja, vários conjuntos de freqüências com passos distintos.
- Escolha entre passo manual ou automático.
- Escolha da unidade de freqüência: rad/s ou Hertz.
- Simplicidade na visualização de resultados.
- Definição de diversos tipos de funções de transferência, como:

  Tensão de saída / corrente de entrada (impedância).

  Corrente de saída / tensão de entrada (admitância).

  Tensão de saída / tensão de entrada (adimensional).

  Corrente de saída / corrente de entrada (adimensional).

Na Figura 3.98 está apresentado o diálogo de "**Parâmetros para a Resposta em Freqüência**".

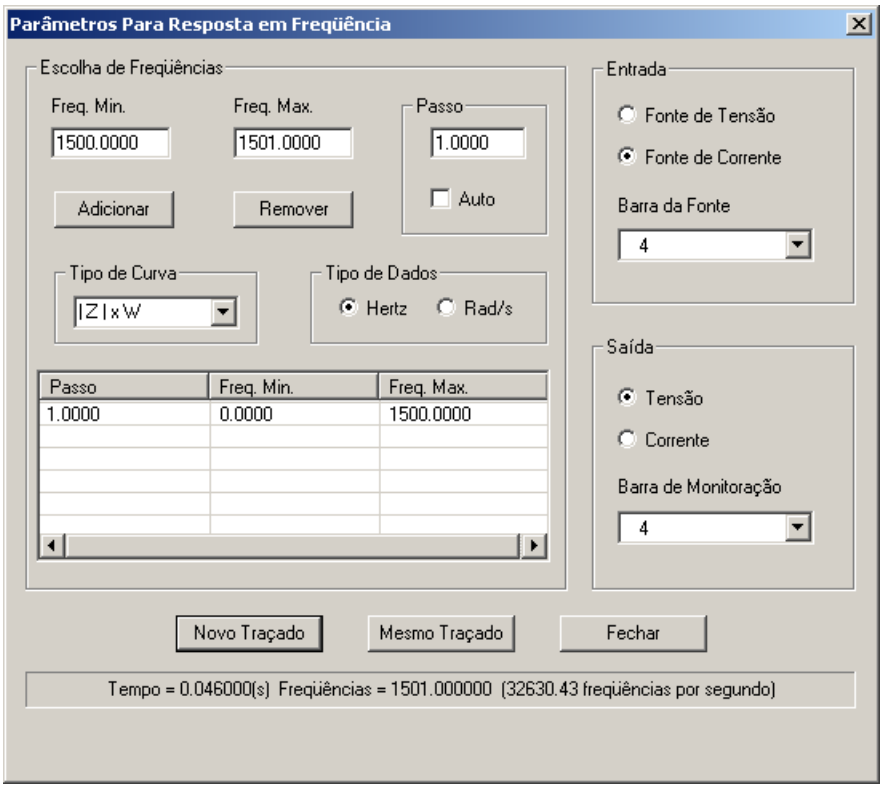
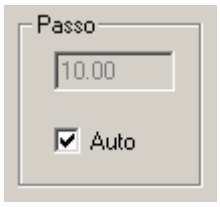


Figura 3.98: Diálogo de resposta em freqüência

As várias opções presentes neste diálogo são descritas a seguir:

Entrada da freqüência mínima do intervalo de freqüência de interesse.

Entrada da freqüência máxima do intervalo de freqüência de interesse.



Escolha do passo: automático ou manual.

Depois de preenchidas as opções acima deve-se clicar no botão "**Adicionar**" para inserir este conjunto de dados. Como pode-se observar na Figura 3.99, este conjunto foi incluído na tabela. Caso se queira retirar um conjunto de dados, basta selecioná-lo com o "mouse" e clicar em "**Remover**" ou pressionar a tecla "**Delete**" do teclado.

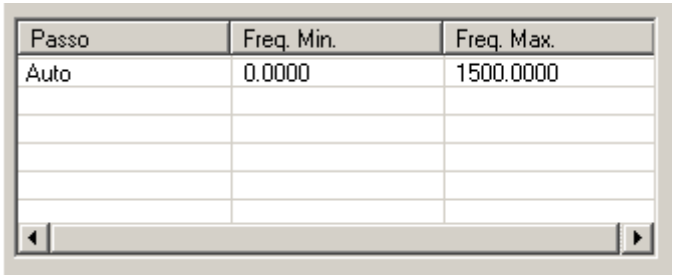
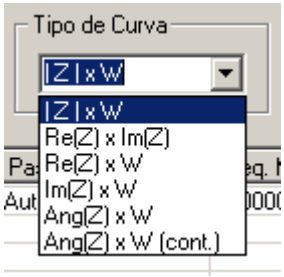


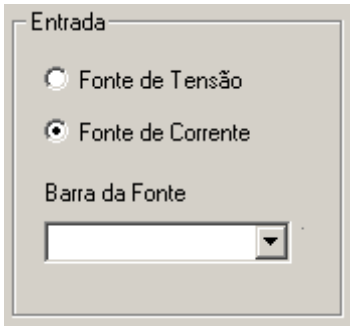
Figura 3.99: Dados adicionados

Neste ponto já se tem uma faixa de freqüência definida. As outras opções são descritas a seguir:

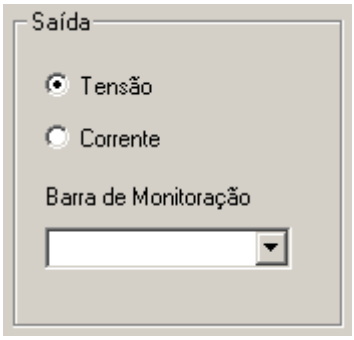
Converte todos os dados do diálogo de Hertz para rad/s ou vice-versa, ou seja, permite que os dados sejam traçados em Hertz ou rad/s.



Escolhe o tipo de curva a ser traçada considerando a faixa de freqüência já definida.



Escolhe o tipo de entrada a ser considerada: fonte de tensão ou corrente. No caso de se escolher uma fonte de corrente, no campo "Barra da Fonte" aparecerão os números de barras do sistema que não são barras infinitas (fontes ideais de tensão). Ou seja, só é permitido injetar corrente em barras onde não existam fontes ideais de tensão. No caso do sistema exemplo de 6 barras, mostrado na Figura 2.1, pode-se injetar corrente em qualquer barra com exceção da barra 1 quando a máquina síncrona conectada a mesma for modelada como uma fonte ideal de tensão. Quando a máquina for modelada considerando sua resistência de armadura e reatância subtransitória, esta restrição não existe. No caso de se escolher uma fonte de tensão, no campo "Barra da Fonte" aparecerão os números de barras do sistema onde existam fontes de tensão (máquinas ou barras infinitas). No caso do sistema exemplo de 6 barras apenas a barra 1 estará listada.



Escolhe o tipo de saída a ser monitorada: tensão em uma barra ou corrente em uma fonte de tensão. No caso de se escolher monitorar tensão, no campo **"Barra de Monitoração"** aparecerão os números de todas as barras do sistema. No caso de se escolher monitorar corrente, aparecerão apenas os números das barras onde existam fontes de tensão. No caso do sistema exemplo de 6 barras apenas a barra 1 estará listada.

Permite o usuário a interromper o processamento a qualquer hora e plotar os valores já calculados.

Barra de progresso: Mostra a evolução do cálculo e no final mostra as estatísticas. O caso apresentado é o sistema brasileiro com 2930 barras em um Pentium IV 1.6 GHz.

Realizados todos os passos acima, basta clicar em "**Novo Traçado**" para traçar um gráfico novo, ou "**Mesmo Traçado**" para que curvas sejam sobrepostas. Na Figura 3.100, Figura 3.101, Figura 3.102 e Figura 3.103 estão mostrados gráficos com apenas uma curva. Na Figura 3.104 está mostrado o gráfico com várias curvas. Deve-se notar que as escalas horizontais não são iguais para todos os gráficos, sendo escolhidas para ressaltar as propriedades de cada função de transferência.

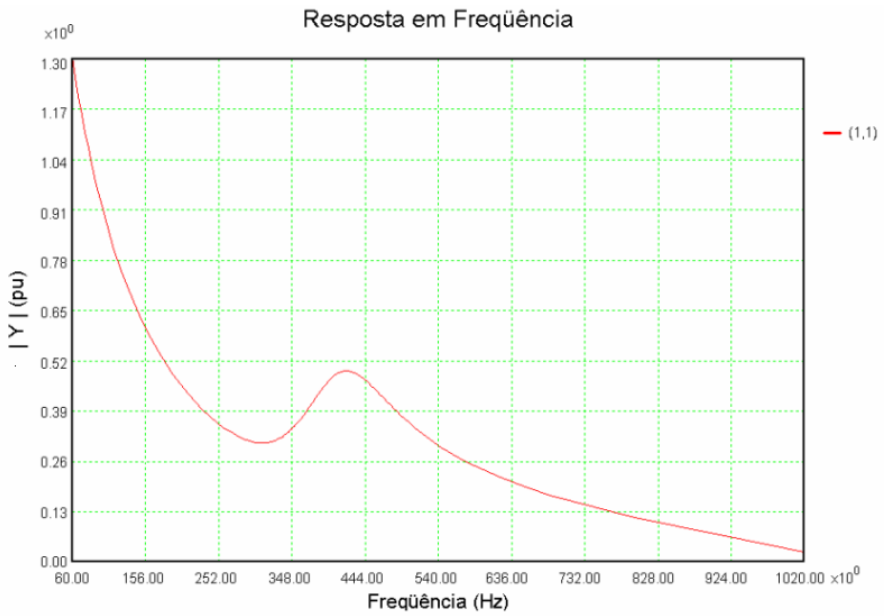


Figura 3.100: Gráfico de admitância (entrada de tensão na barra 1 e saída de corrente na

barra 1)

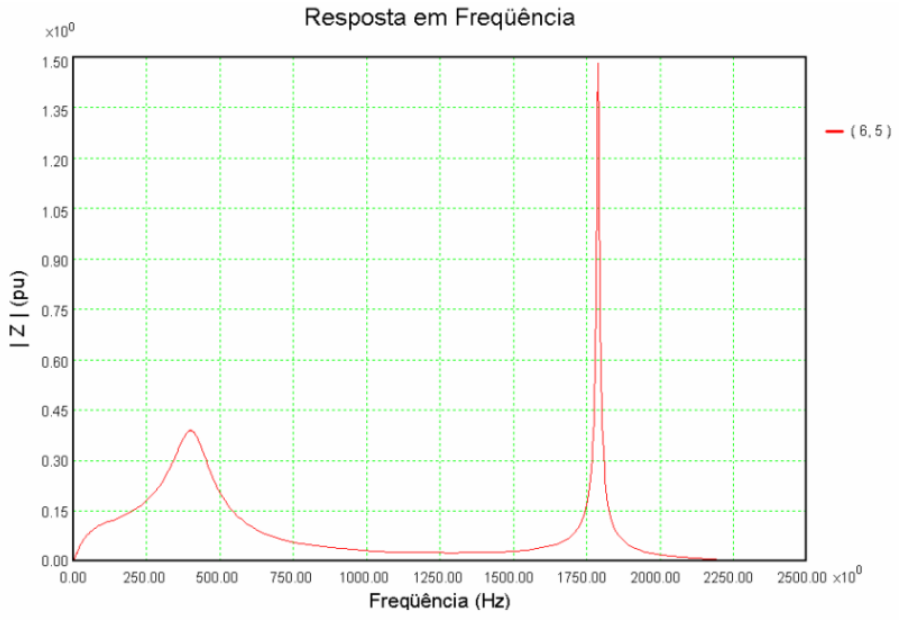


Figura 3.101: Gráfico de impedância (entrada de corrente na barra 6 e saída de tensão na

barra 5)

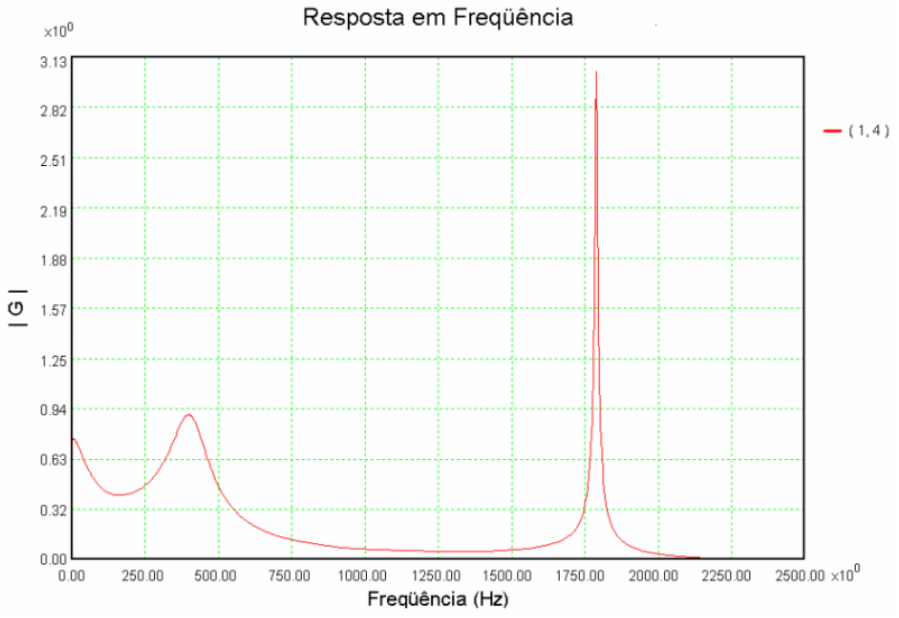


Figura 3.102: Gráfico de resposta em freqüência (entrada de tensão na barra 1 e saída de

tensão na barra 4)

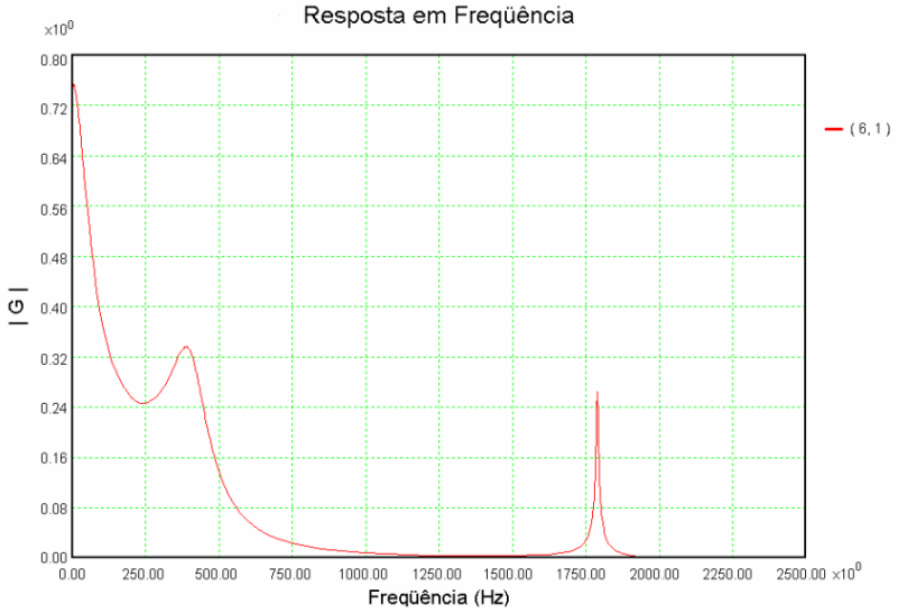


Figura 3.103: Gráfico de resposta em freqüência (entrada de corrente na barra 6 e saída de corrente na barra 1)

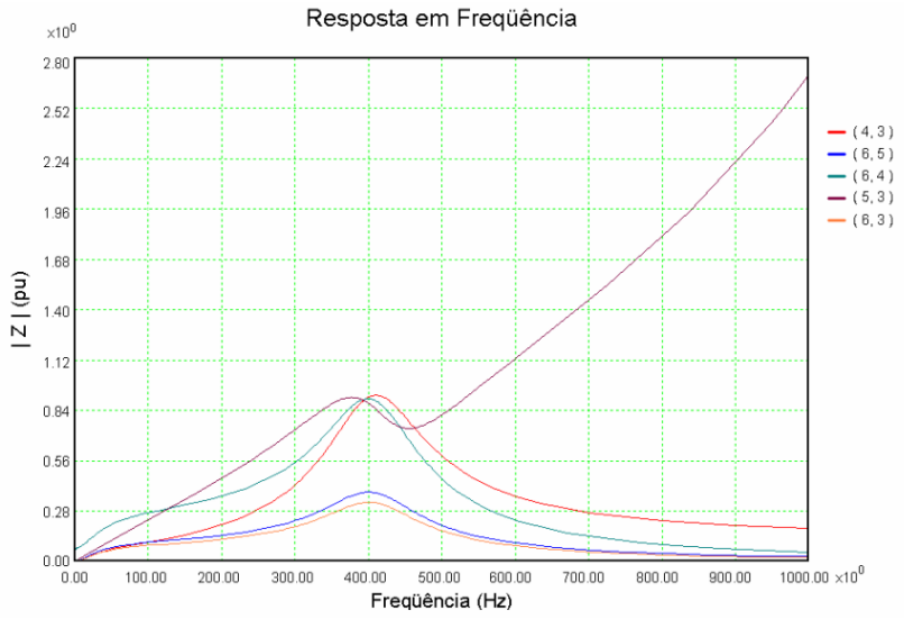
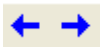


Figura 3.104: Gráfico com várias curvas de impedâncias

Neste ponto, são feitas as seguintes observações:

1. O usuário pode interagir com os gráficos utilizando os botões direito e esquerdo do "mouse", conforme descrito no Capítulo 4 (Ferramentas Gráficas).

2. Todas as curvas traçadas são armazenadas, e elas podem ser visualizadas através dos comandos  na barra de tarefas.

3. Quando se fecha a caixa de diálogos, os dados **não** são perdidos.

Efeito da Variação dos Parâmetros de Linhas de Transmissão com a Freqüência

É interessante observar o efeito de considerar a variação dos parâmetros de linhas de transmissão com a freqüência. Na Figura 3.105 estão traçadas as curvas do módulo da impedância própria da barra 2 em função da freqüência do sistema de 2 barras mostrado na Figura 2.4. Em uma das curvas os parâmetros da linha são considerados variáveis ou dependentes da freqüência e na outra constantes. Como se observa, a consideração da dependência dos parâmetros da linha com a freqüência faz com que as amplitudes dos picos de impedância atenuem a medida em que a freqüência aumenta. Concluí-se, portanto, que a consideração deste efeito pode ser importante, principalmente quando o sistema a ser analisado possuir injeções de correntes em freqüências harmônicas de alta ordem.

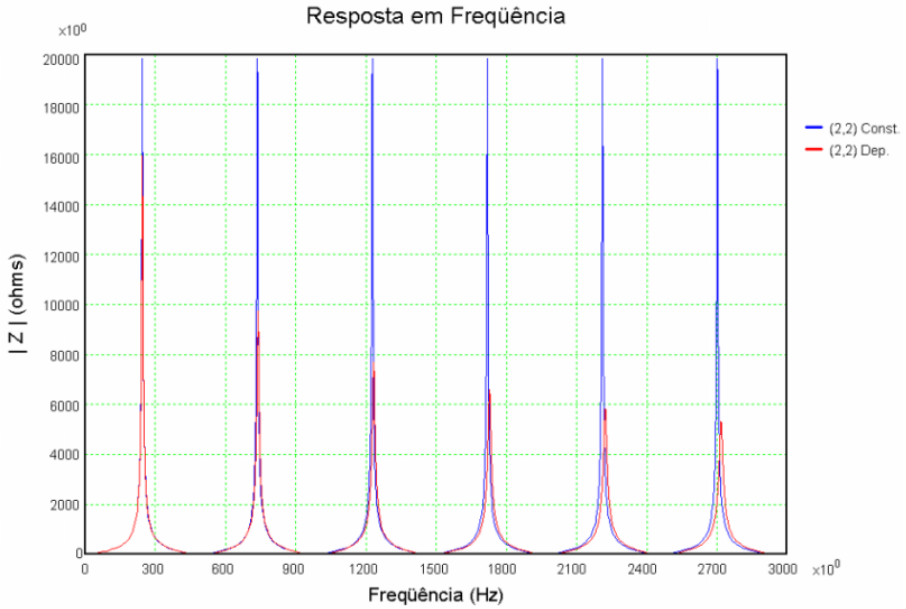


Figura 3.105: Módulo da impedância própria da barra 2 do sistema de 2 barras

Const.: Parâmetros constantes

Dep.: Parâmetros dependentes da freqüência

Utilização de Dois ou mais Conjuntos de Dados

Para adicionar outros conjuntos de dados insira novos valores mínimo, máximo e de passo de freqüência desejados. Depois de definir esses valores, basta clicar no botão "**Adicionar**". Na Figura 3.106 está mostrado o segundo conjunto de dados inserido, no qual a freqüência está na faixa de 1500 a 3000 Hz, com um passo manual de 100 Hz. Para remover um ou mais conjuntos de dados, basta selecioná-los e clicar no botão "**Remover**"ou pressionar a tecla "**Delete**" do teclado. É possível selecionar conjuntos consecutivos clicando com o "mouse" no primeiro valor e, mantendo a tecla "**Shift**" pressionada, clicar no último valor desejado. Para selecionar conjuntos não consecutivos basta clicar nos valores desejados mantendo a tecla "**Ctrl**" pressionada. Também é possível usar o comando "**Ctrl+A**" para selecionar todos os conjuntos e depois clicar no botão "**Remover**" ou pressionar a tecla "**Delete**" do teclado que todos os conjuntos selecionados serão removidos.

Estes procedimentos são análogos ao de seleção de arquivos utilizados pelo Explorer do Windows.

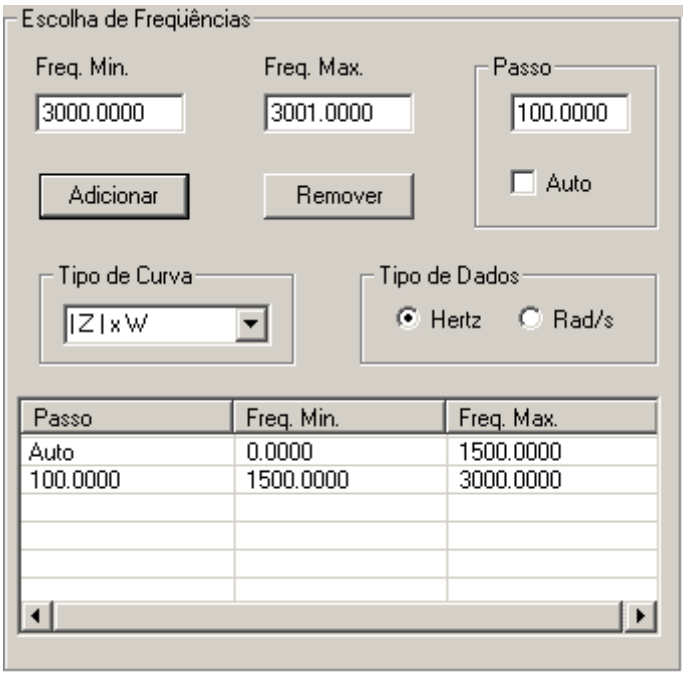


Figura 3.106: Novo conjunto de dados

Uma menor discretização de freqüências (passo manual grande) faz com que o programa execute com maior rapidez. No entanto, como pode ser visto no gráfico de resposta em freqüência (entrada de tensão na barra 1 e saída de tensão na barra 5) mostrado na Figura 3.107, a curva perde definição. Os marcadores em forma de círculos sobre a curva são os pontos calculados.

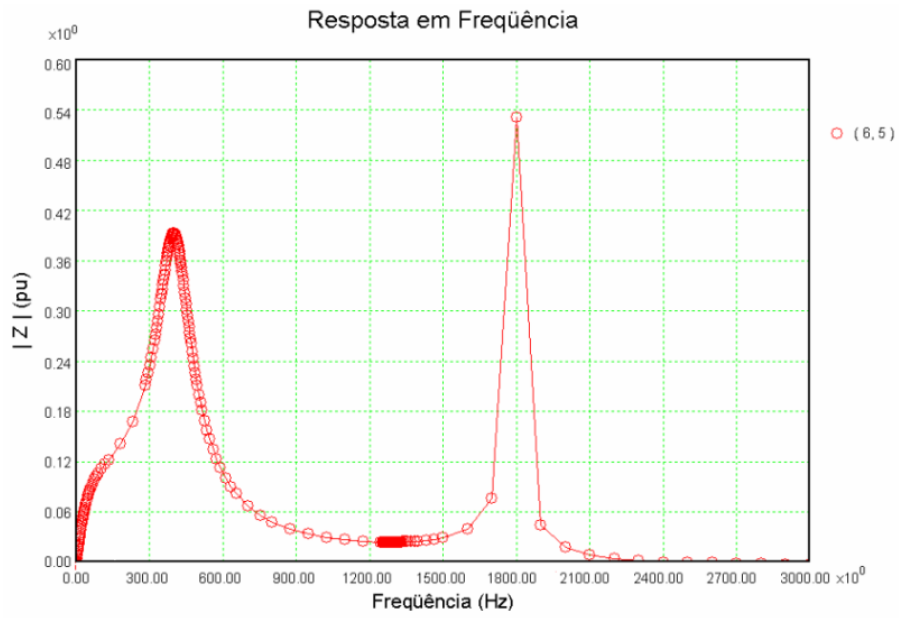


Figura 3.107: Gráfico de resposta em freqüência com dois passos de discretização: automático e manual

Autovalores

Este diálogo permite o cálculo de autovalores (pólos e zeros) e resíduos associados [2], [10]-[12], utilizando diversos métodos. Na Figura 3.108 está mostrado o diálogo de cálculo de autovalores.

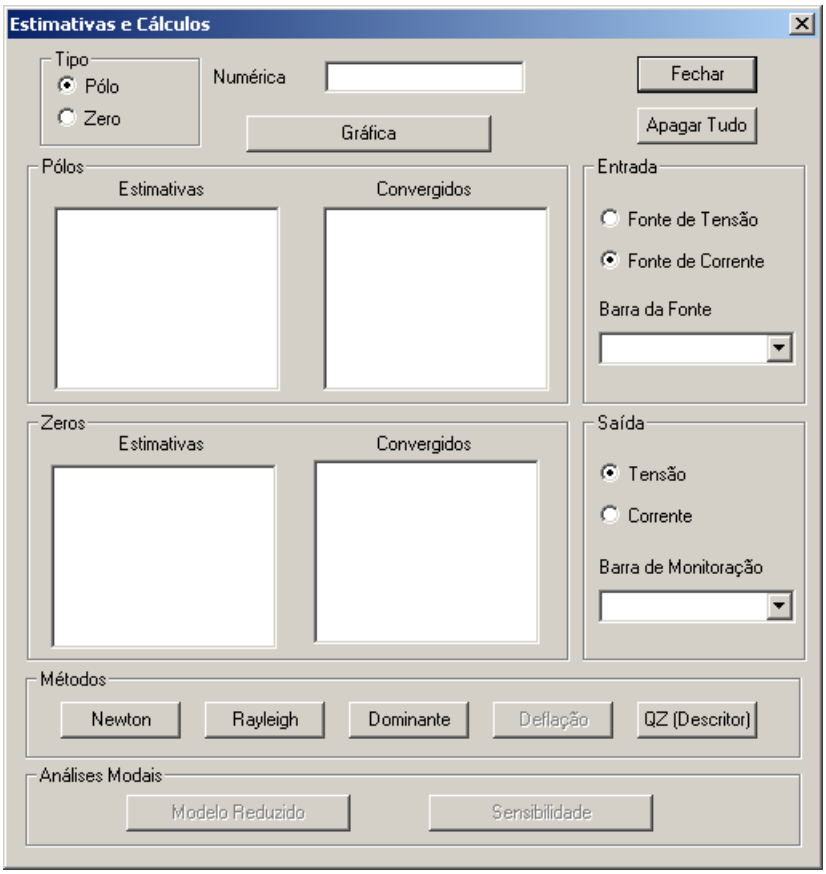
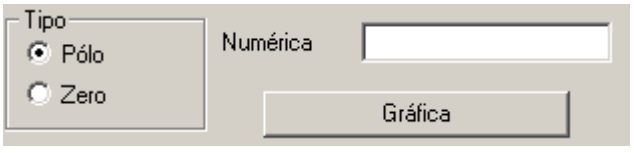
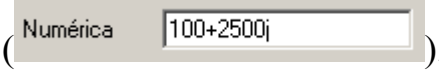


Figura 3.108:Diálogo de cálculo de autovalores

As várias opções presentes neste diálogo são descritas a seguir:



Escolhe a estimativa para o cálculo de um pólo ou de um zero, sendo que este valor é um número complexo

(

). Pode-se fornecer apenas a parte real ou a imaginária do número.

Uma forma simples de se obter estimativas para o cálculo de autovalores é por meio do traçado de resposta em freqüência (módulo da função de transferência em função da freqüência) e da utilização da ferramenta de estimativa "**Gráfica**". Quando este botão é pressionado, o programa entra no modo de captura de estimativas.

A partir do gráfico do módulo da função de transferência em função da freqüência, basta clicar com o "mouse" nos pontos de interesse da curva que o programa adicionará estes pontos automaticamente nas áreas de estimativas (pólo ou zero).

Os valores estimados são mostrados a esquerda do gráfico e caso o usuário não queria um valor estimado, ele pode apagá-lo utilizando a tecla "*Backspace*". Na Figura 3.109 está mostrada a estimativa gráfica de dois valores para o cálculo dos pólos do sistema.

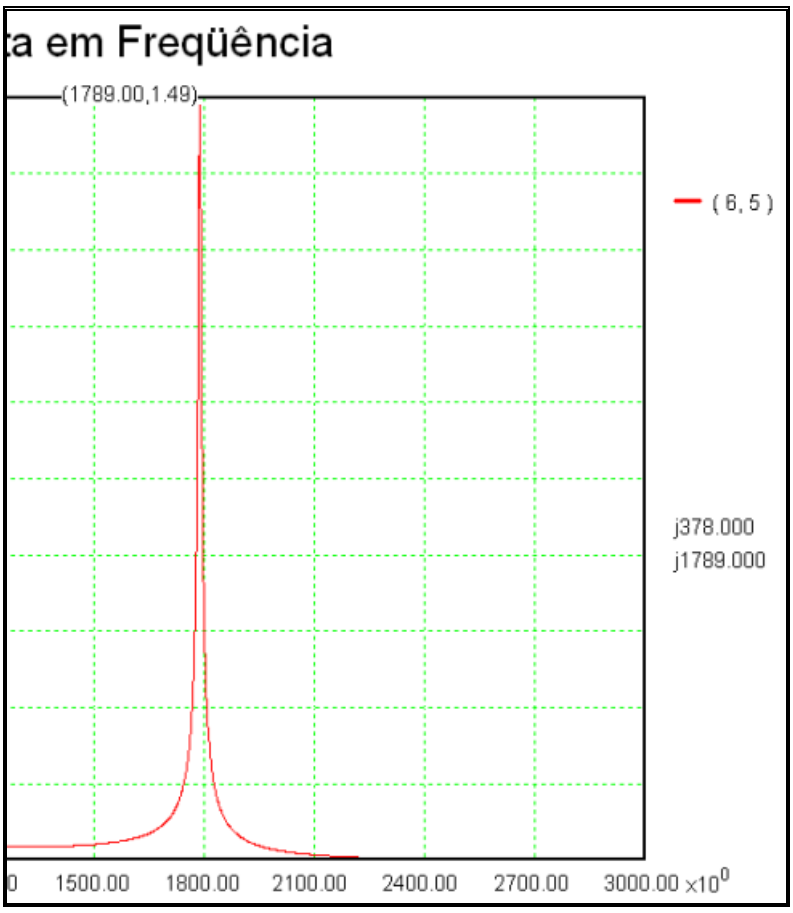


Figura 3.109: Estimativas gráficas

Caso nenhuma curva esteja traçada, ainda no modo de captura, o usuário pode utilizar a opção "**Resposta em Freqüência**" para criar uma curva. Para terminar o modo de captura basta pressionar a tecla "ESC".

Assim que for terminado o modo de captura, o programa apresentará uma lista contendo os valores estimados, conforme mostrado na Figura 3.110.

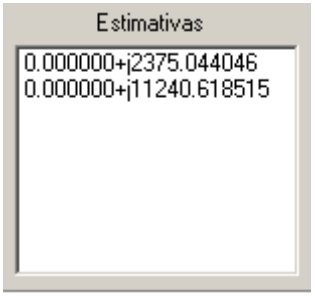


Figura 3.110: Estimativas

O procedimento para se obter os autovalores consiste em selecionar da lista "**Estimativas**" os valores que irão entrar em um dos métodos de cálculo, escolher a barra de entrada no campo "**Barra da Fonte**" (fonte de tensão ou corrente) no quadro "**Entrada**" e a barra de saída no campo "**Barra de Monitoração**" (tensão ou corrente) no quadro "**Saída**" e pressionar um dos botões (cada um apresentando o nome de um método), conforme mostrados na Figura 3.111. Dos cinco métodos implementados no programa, Newton, Rayleigh, Dominante, Deflação [2], [3], [12] e QZ [11], os quatros primeiros são iterativos, calculando um autovalor de cada vez. O método QZ baseia-se em um tipo de decomposição das matrizes **A** e **T**, provenientes da modelagem da rede por sistemas descritores [6]-[9]. Neste caso todos os autovalores ficam determinados no final do processo.

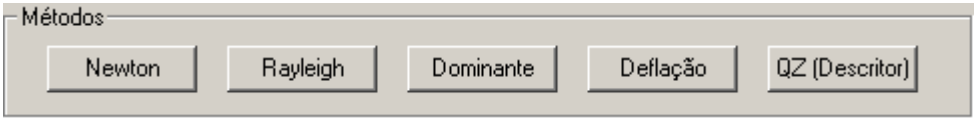


Figura 3.111: Métodos de cálculo de autovalores (pólos e zeros)

Deve-se observar que vários valores de estimativas podem ser selecionados simultaneamente. Assim, para selecionar valores consecutivos basta clicar com o "mouse" no primeiro valor e, mantendo a tecla "**Shift**" pressionada, clicar no último valor desejado.

Para selecionar valores não consecutivos basta clicar nos valores desejados mantendo a tecla "**Ctrl**" pressionada.

Também é possível usar o comando "**Ctrl+A**" para selecionar todos os valores. Pressionando a tecla "**Delete**" do teclado todos os valores selecionados serão removidos. O botão "**Apagar Tudo**" apaga tanto os valores estimados quanto os convergidos.

Estes procedimentos de seleção de estimativas são análogos ao de seleção de arquivos utilizados pelo Explorer do Windows.

Na Figura 3.112 são mostrados os pólos convergidos quando utilizou-se, por exemplo, o método de Newton.

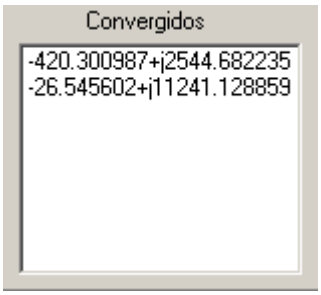


Figura 3.112: Pólos convergidos

Deve-se observar que quando já existir um valor convergido para determinada estimativa, o programa não convergirá para mesmo valor novamente. Caso uma determinada estimativa não convirja, o programa alertará o usuário com uma mensagem "**Não Convergido**".

Para saber a trajetória de convergência de cada autovalor basta um duplo clique no valor convergido e o programa apresenta a caixa de diálogo mostrada na Figura 3.113.

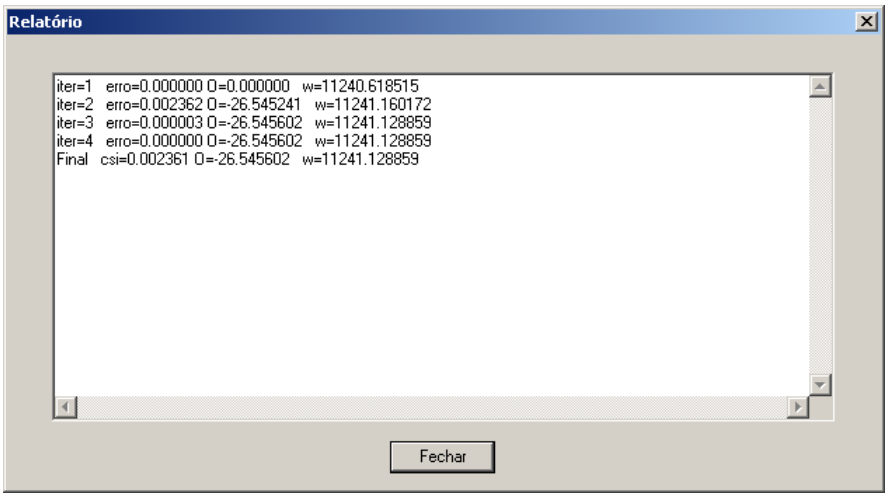


Figura 3.113: Trajetória de convergência

Um procedimento análogo pode ser feito para se calcular os zeros de uma função de transferência.

Caso o usuário esteja interessado, pode clicar nos botões "**Modelo Reduzido**" ou "**Sensibilidade**", pertencentes ao quadro "**Análises Modais**", mostrado na Figura 3.114. O acionamento destes botões abrirá diálogos de mesmo nome que são descritos nas próximas seções. Deve-se observar que o botão "**Modelo Reduzido**" só estará habilitado se pelo menos um pólo estiver convergido. Por outro lado o botão "**Sensibilidade**" estará habilitado se pelo menos um pólo ou zero estiver convergido.

Figura 3.114: Análises modais

Modelo Reduzido

Este diálogo só é habilitado após o cálculo de pelo menos um pólo do sistema em estudo. Por meio deste diálogo é possível calcular respostas em freqüência utilizando todos ou apenas alguns dos pólos do sistema. Além de respostas em freqüência, também é possível traçar respostas no tempo para entradas unitárias em impulso, degrau ou senóide. No caso da senóide, sua freqüência e defasagem angular são definidas pelo usuário. Deve-se observar que estas respostas e entradas podem ser tanto de tensão quanto de corrente. A Figura 3.115 mostra o diálogo de modelo reduzido.

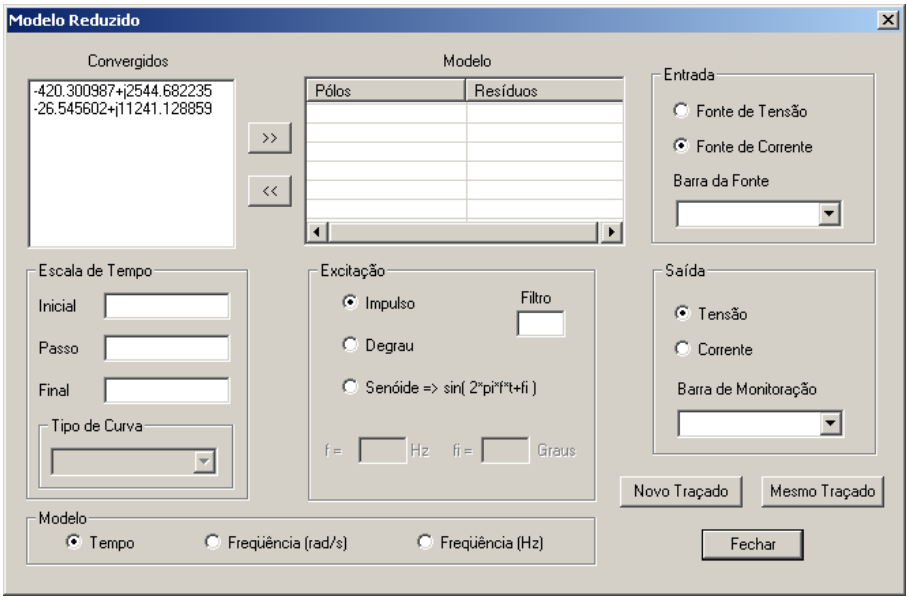


Figura 3.115: Modelo reduzido

Observa-se que as respostas no tempo são bastante úteis quando se deseja comparar modelos de equipamentos ou de redes com os implementados em outros programas que utilizam modelagens no domínio do tempo, como o PSCAD / EMTDC e EMTP.

A seguir são descritas as várias opções presentes neste diálogo.

Para incluir um dos pólos convergidos, que estão apresentados na lista "**Convergidos**" da Figura 3.115, no modelo reduzido, basta selecioná-lo e acionar o botão >>. Deve-se observar que, além do pólo selecionado, o seu conjugado também é incluído no modelo. Caso as barras de entrada e saída já estejam selecionadas, os resíduos associados aos pólos do modelo são automaticamente calculados. Ao se incluir um pólo no modelo reduzido, o seu valor desaparece da lista "**Convergidos**" e aparece na coluna "**Pólos**" da lista "**Modelo**". Os resíduos associados aparecem na coluna "**Resíduos**" da mesma lista. Caso se deseje excluir um pólo do modelo, basta selecioná-lo e acionar o botão << que ele, o seu conjugado e os resíduos associados desaparecerão das colunas da lista "**Modelo**" e o pólo excluído com a parte imaginária positiva reaparecerá na lista "**Convergidos**". Na Figura 3.116 está ilustrado o procedimento para inclusão de um pólo anteriormente descrito. Na Figura 3.117 está mostrada a seleção das barras para o cálculo dos resíduos associados. Caso outras barras de entrada e/ou saída sejam selecionadas, os valores dos resíduos associados serão recalculados.

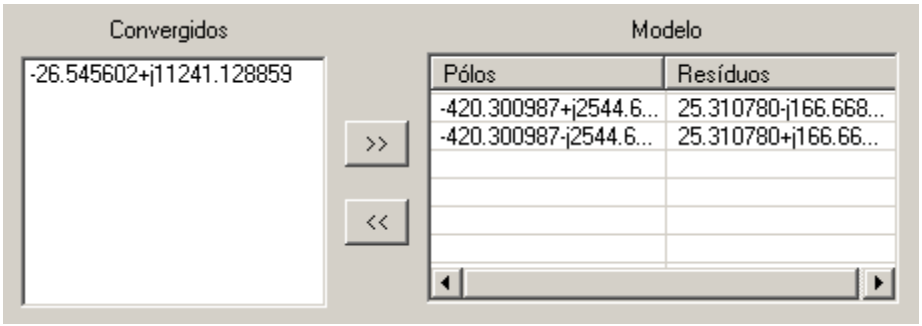


Figura 3.116: Lista de pólos e resíduos do modelo

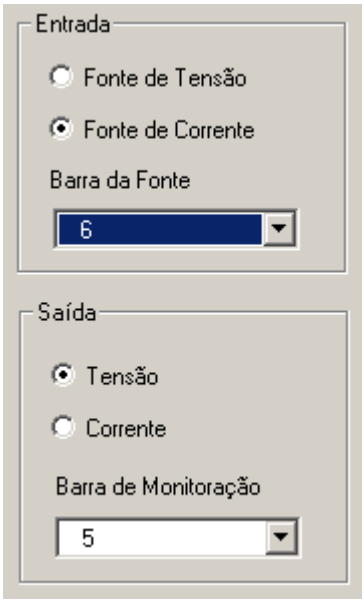


Figura 3.117: Definição das barras

Caso se queira copiar valores de pólos e resíduos associados da lista "**Modelo**" para um editor de textos, deve-se selecionar os valores desejados e pressionar simultaneamente as teclas "**Ctrl**"e"**C**". Em seguida, com o editor de textos aberto, deve-se colocar o cursor na posição desejada e pressionar simultaneamente as teclas "**Ctrl**" e "**V**". Vale lembrar que os comandos para selecionar os conjuntos consecutivos (tecla "**Shift**") ou não consecutivos (tecla "**Ctrl**") e o comando "**Ctrl+A**" para selecionar tudo estão habilitados. Na Figura 3.118 está mostrada a seleção de dois pólos e resíduos associados para, na seqüência, eles serem copiados para um editor de textos, como mostrado na Figura 3.119 . Nesse caso, o editor escolhido foi o Microsoft Word.

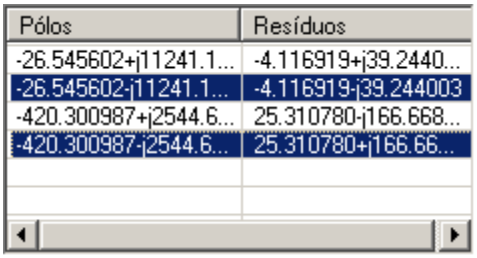


Figura 3.118: Seleção de pólos e resíduos associados para posterior cópia em um editor de textos.

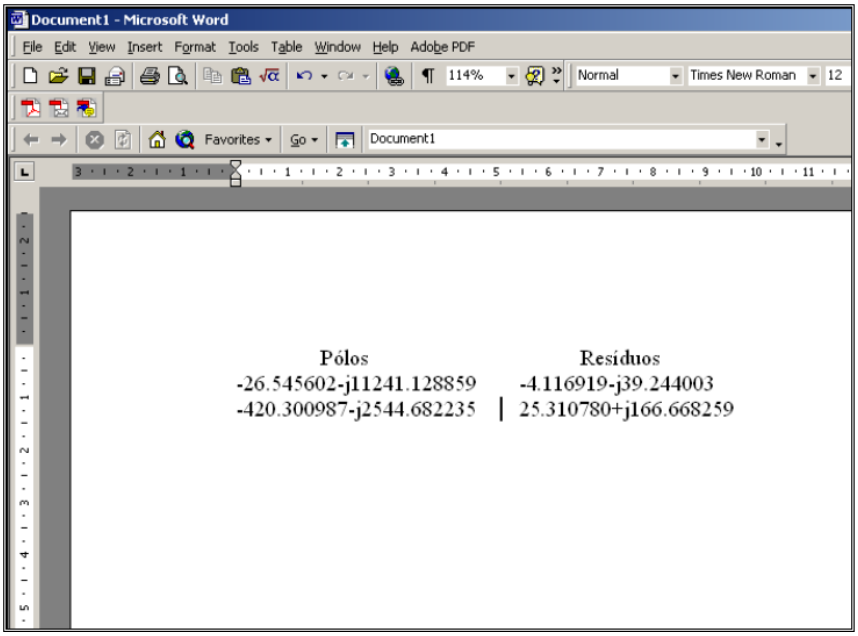


Figura 3.119: Pólos e resíduos associados copiados para um editor de textos

Observa-se que em modelos lineares fisicamente realizáveis, pólos complexos ocorrem sempre em pares conjugados. De maneira geral, os resíduos associados a pólos complexos conjugados também são complexos conjugados. No entanto esta regra para resíduos não é verdadeira quando o modelo da rede elétrica possui transformadores com "taps" complexos [13]. Por este motivo, no diálogo "**Modelo Reduzido**" são considerados e apresentados os complexos conjugados dos pólos selecionados e os seus resíduos associados.

Para traçar a resposta no domínio do tempo ou da freqüência, basta escolher a opção desejada, conforme mostrado na Figura 3.120. Caso seja escolhido o traçado da resposta em freqüência, também deverá ser escolhido o tipo de curva a ser traçada, conforme mostrado na Figura 3.121.

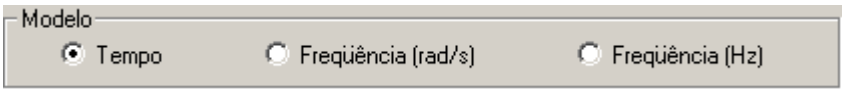


Figura 3.120: Escolha do tipo de resposta a ser traçada

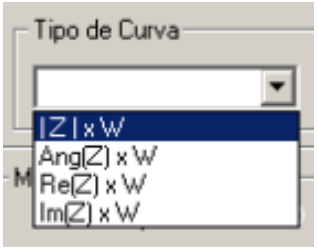


Figura 3.121: Escolha do tipo de curva

Resposta no Tempo

Esta opção traça a resposta no tempo para uma das entradas (excitações) apresentadas na Figura 3.122, utilizando alguns ou todos os modos de oscilação do sistema (pólos e resíduos associados).

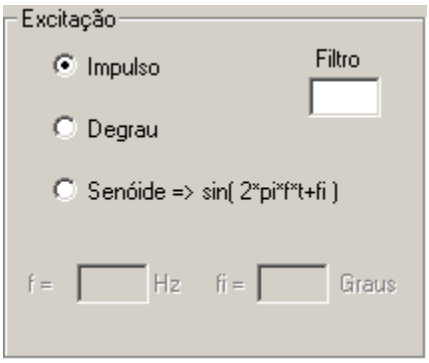


Figura 3.122: Tipos de excitação

O campo "**Filtro**", apresentado na Figura 3.122, é preenchido por um valor que representa a constante de tempo de um filtro do tipo $\frac{1}{1+sT}$. A utilização deste filtro objetiva suavizar variações bruscas da curva de resposta no tempo, assim como diminuir a amplitude de possíveis oscilações de muito alta freqüência. Este filtro é particularmente útil para sistemas que possuam linhas de transmissão modeladas por séries de circuitos tipo π [2].

Os parâmetros da simulação no tempo são definidos no quadro "**Escala de Tempo**". A definição destes parâmetros para os casos de resposta ao impulso e ao degrau está mostrada na Figura 3.123. Os campos da figura correspondem, respectivamente, ao tempo inicial, ao passo de tempo e ao tempo final a serem utilizados na simulação, sendo dados em segundos. As letras "**u**" e "**m**" que aparecem nos campos "**Passo**" e "**Final**", representam os submúltiplos micro (10^{-6}) e mili (10^{-3}) da unidade segundo.

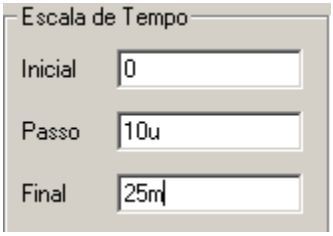


Figura 3.123: Escala de tempo

Nos gráficos apresentados na Figura 3.124, Figura 3.125 e Figura 3.126, pode-se observar as respostas de tensão na barra 5 para entradas de corrente na barra 6 na forma de impulso, degrau e senóide com amplitudes unitárias. A senóide possui freqüência igual a 60 Hz com ângulo de fase de 90º. Neste modelo reduzido foram considerados os dois pólos (e complexos conjugados) listados na Figura 3.118.

Figura 3.124: Resposta ao impulso

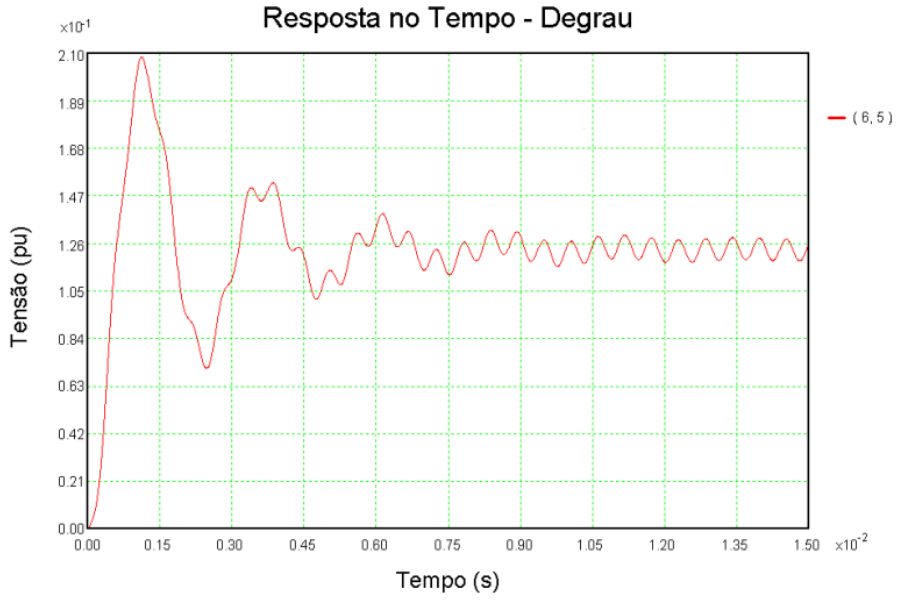


Figura 3.125: Resposta ao degrau

Figura 3.126: Resposta à senóide

Resposta em Freqüência

Esta opção traça a resposta em freqüência (Hertz ou rad/s) para um determinado conjunto de pólos e resíduos associados, para uma faixa de freqüência definida conforme mostrado na Figura 3.127. Como pode ser observado, o diálogo "**Excitação**" fica desativado e a "*combobox*" "**Tipo de Curva**" fica habilitada quando se quer traçar gráficos em freqüência.

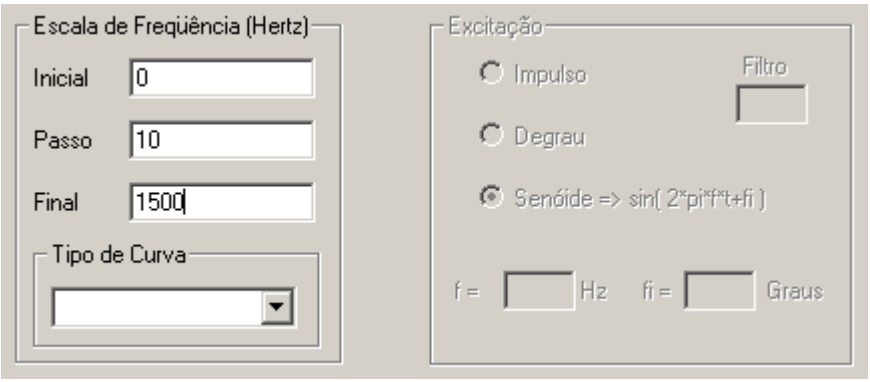


Figura 3.127: Resposta em freqüência.

Na Figura 3.128 está mostrada a curva da resposta em freqüência do modelo reduzido, considerando apenas o pólo p_1 (-420.30 + j 2544.68) e o seu conjugado, superposta a resposta em freqüência completa do sistema exemplo de 6 barras, para uma entrada de corrente na barra 6 e monitoração de tensão na barra 5. Como pode-se observar, o modelo reduzido reproduziu bem o comportamento do sistema para baixas freqüências. O comportamento do modelo reduzido considerando apenas o pólo p_2 (-26.55 + j 11241.12) e o seu conjugado está mostrado na Figura 3.129. Considerações análogas ao primeiro modelo podem ser feitas para as altas freqüências. O comportamento do modelo reduzido considerando ambos os pólos e os seus conjugados está mostrado na Figura 3.130. Como pode ser

observado, este modelo representou bem o comportamento do sistema para quase toda a faixa de freqüências, com exceção à valores próximos à freqüência nula. Isto ocorreu porque não se considerou, no modelo reduzido, os pólos reais presentes no sistema exemplo de 6 barras.

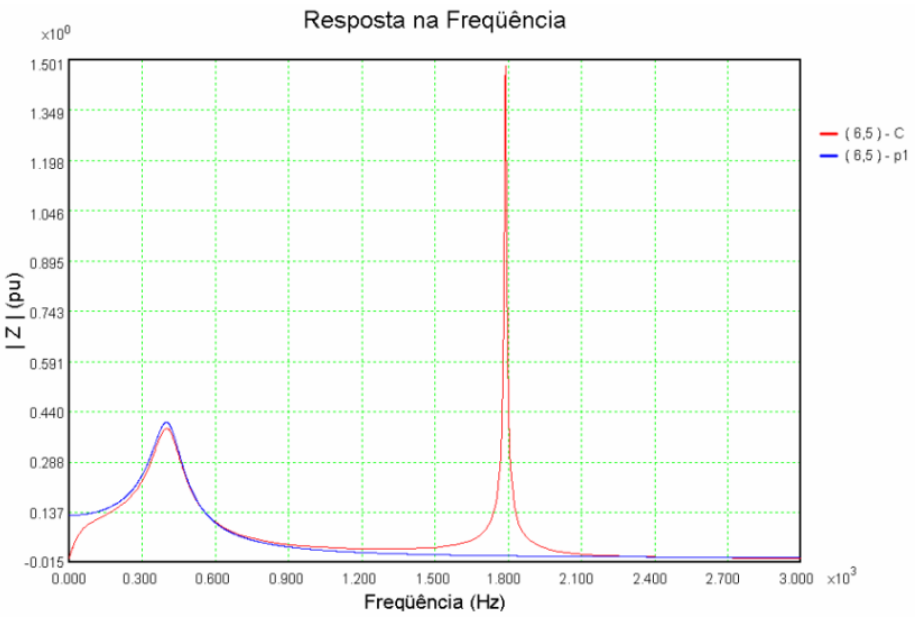


Figura 3.128: Modelo reduzido considerando apenas o pólo p_1 (-420.30 + j 2544.68) e o seu conjugado

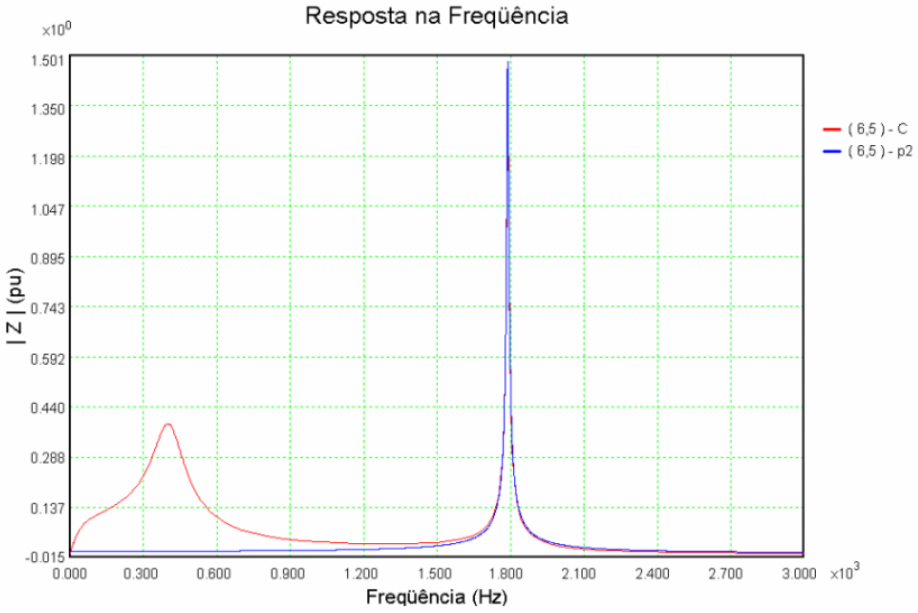


Figura 3.129: Modelo reduzido considerando apenas o pólo p_2 (-26.55 + j 11241.12) e o seu conjugado

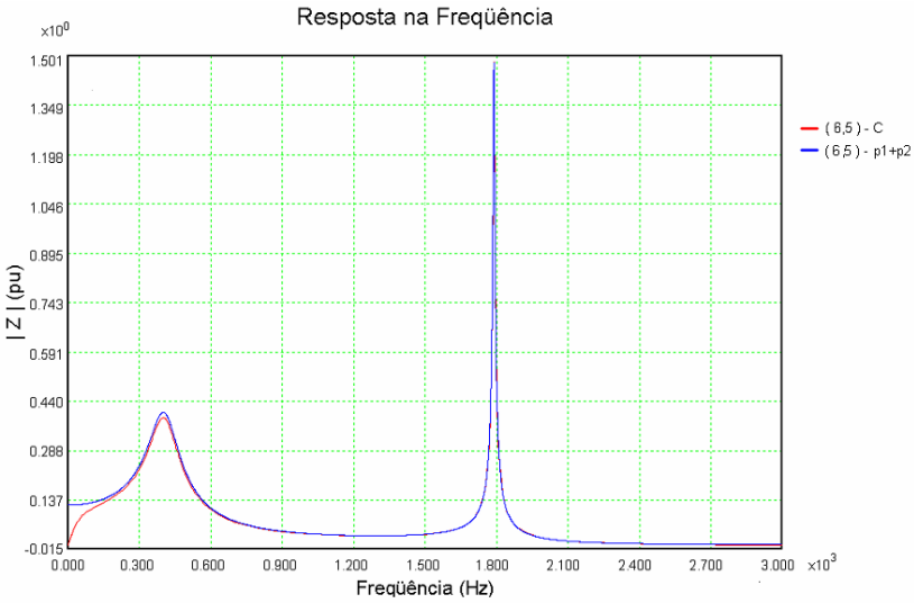


Figura 3.130: Modelo reduzido considerando os pólos p_1 e p_2 e os seus conjugados

Sensibilidades

Este diálogo só é habilitado após o cálculo de pelo menos um autovalor (pólo ou zero) do sistema em estudo. A sensibilidade é a taxa de variação dos valores dos pólos e/ou zeros em relação a uma variação infinitesimal de um parâmetro do sistema como, por exemplo, uma resistência, indutância ou capacitância de um equipamento [2], [4],[7]-[10] ou o comprimento de uma linha de transmissão. A normalização dos valores de sensibilidades é obtida multiplicando-os pelo valor do parâmetro considerado. Deve-se observar que o programa fornece os valores de sensibilidade normalizada [4], [7]-[9]. Na Figura 3.131 é mostrado o diálogo de cálculo de sensibilidades.

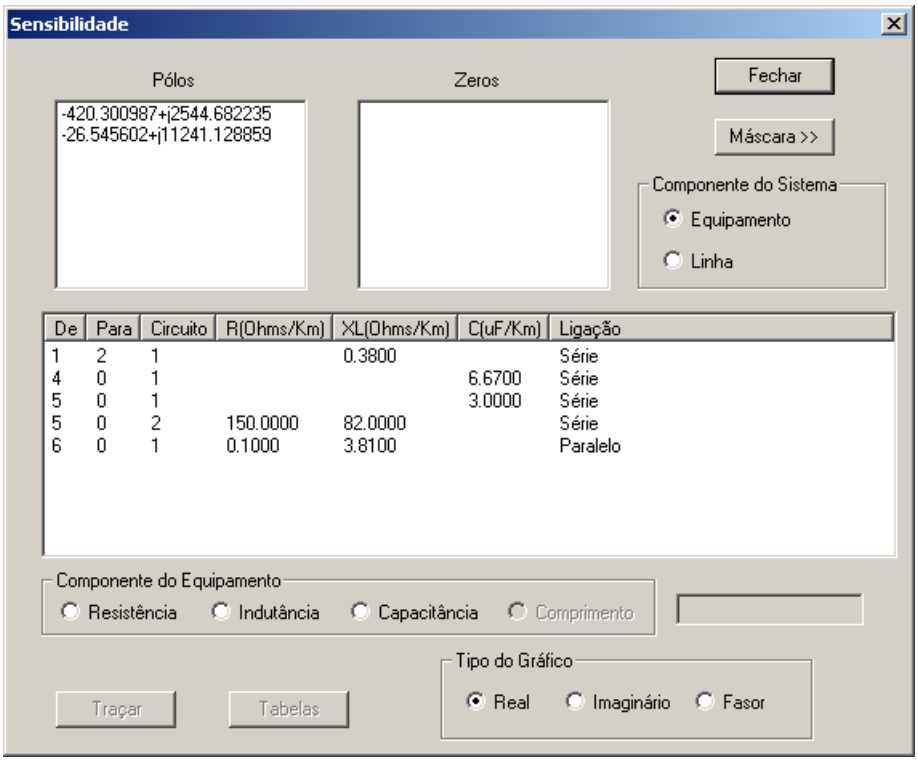


Figura 3.131: Diálogo de cálculo de sensibilidades.

Obtenção de Apenas um Valor de Sensibilidade

Para se obter apenas um valor de sensibilidade, deve-se selecionar com um clique um autovalor (pólo ou zero) e depois um equipamento ou uma linha de transmissão do sistema. Por fim, seleciona-se o componente (elemento) do equipamento (resistência, indutância ou capacitância). No caso de linhas de transmissão, o comprimento é selecionado automaticamente pelo programa.

O resultado da sensibilidade aparecerá no campo ao lado do quadro "**Componente do Equipamento**", conforme mostrado na Figura 3.132 para sensibilidade em relação a equipamentos e na Figura 3.133 para sensibilidade em relação ao comprimento de linhas de transmissão.

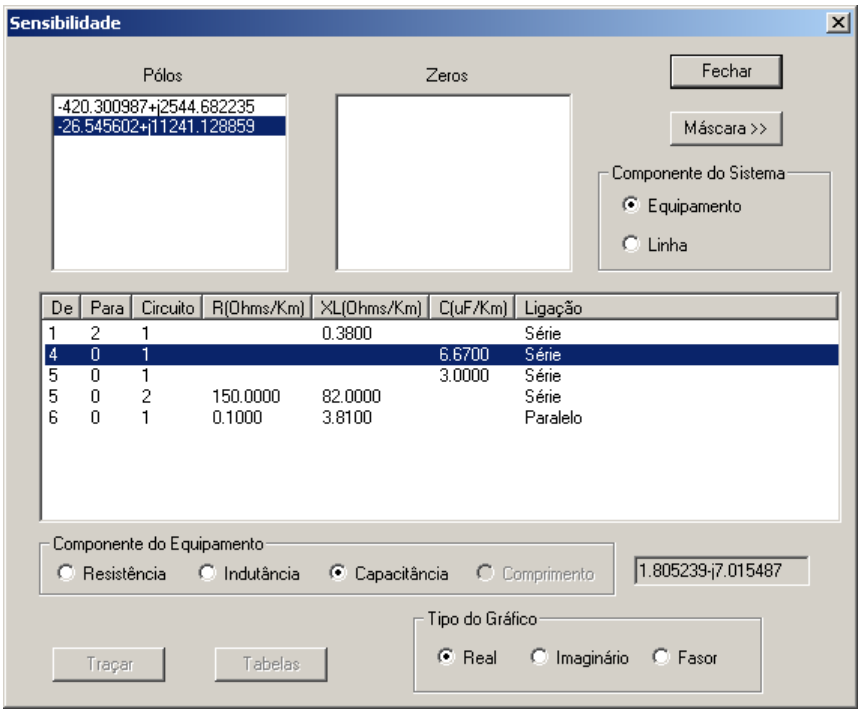


Figura 3.132: Cálculo de apenas um valor de sensibilidade em relação ao capacitor conectado à barra 4.

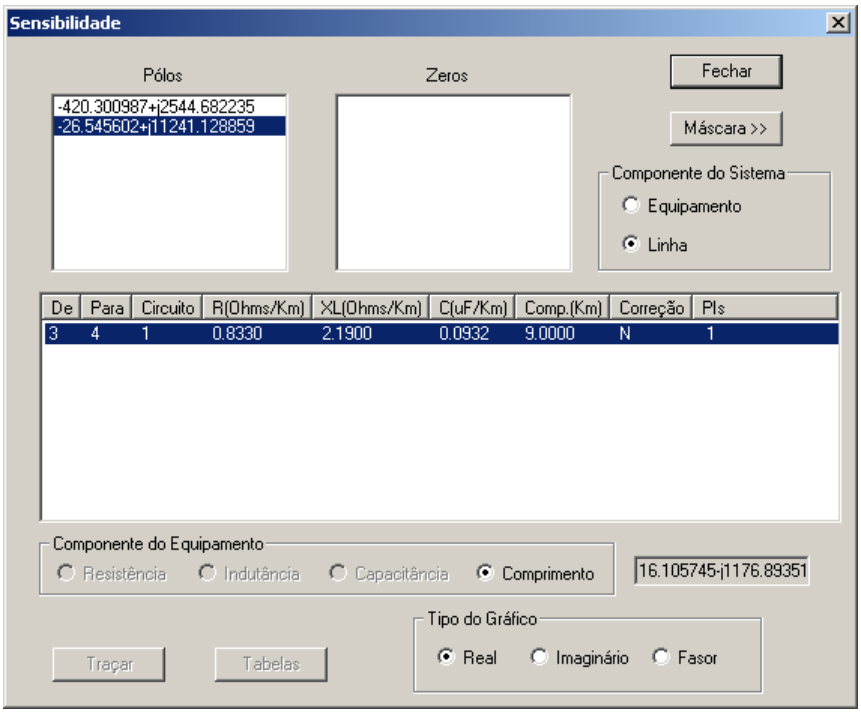


Figura 3.133: Cálculo de apenas um valor de sensibilidade para a linha de transmissão conectada entre as barras 3 e 4 do sistema de 6 barras (sem correção dos seus parâmetros com a freqüência)

Pode-se observar na Figura 3.133, o cálculo de sensibilidade para uma linha de transmissão sem correção dos parâmetros com a freqüência. Neste caso o campo "**Correção**" é preenchido com a letra "**N**". Na Figura 3.134 está mostrado o cálculo de sensibilidade para uma linha com correção com a freqüência na qual

pode-se observar o preenchimento do campo "**Correção**" com a letra "**S**". Neste caso, o código DLTF deve estar devidamente preenchido com os dados necessários.

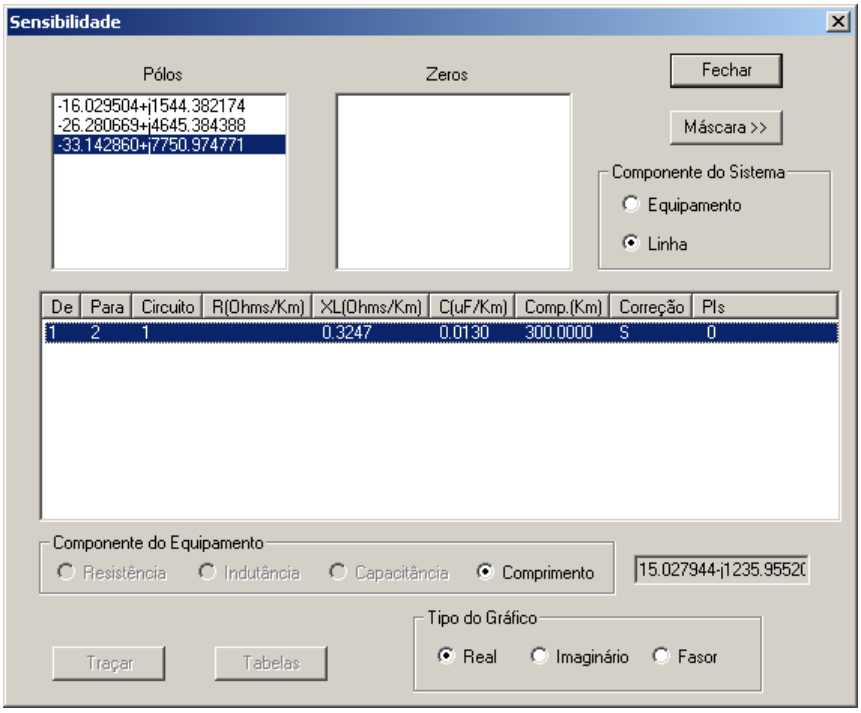


Figura 3.134: Cálculo de apenas um valor de sensibilidade para a linha de transmissão conectada entre as barras 1 e 2 do sistema de 2 barras (com correção dos seus parâmetros com a freqüência)

Obtenção de Vários Valores de Sensibilidade para um Autovalor

Neste caso, seleciona-se o autovalor e os vários equipamentos ou linhas desejados para a análise. Para maior facilidade de utilização, pressionando as teclas"**Ctrl+A**" seleciona-se todos os equipamentos ou linhas. Por fim, selecionam-se os componentes dos equipamentos (resistências, indutâncias ou capacitâncias). No caso de linhas de transmissão, o comprimento é selecionado automaticamente pelo programa. Realizadas as seleções, os botões "**Tabela**" e "**Traçar**" estarão habilitados.

Opção "Traçar"

Nesta opção é possível obter os seguintes tipos de gráficos:

- De barras da parte real da sensibilidade, significando a sensibilidade da parte real do autovalor em relação a um dos componentes do equipamento ou ao comprimento de uma linha de transmissão.

- De barras da parte imaginária da sensibilidade, significando a sensibilidade da parte imaginária do autovalor (ou freqüência do

autovalor) em relação a um dos componentes do equipamento ou ao comprimento de uma linha de transmissão. Um exemplo pode ser visto na Figura 3.135.

- Fasorial, relacionando as partes real e imaginária da sensibilidade do autovalor em relação a um dos componentes do equipamento ou ao comprimento de uma linha de transmissão, conforme mostrado na Figura 3.136.

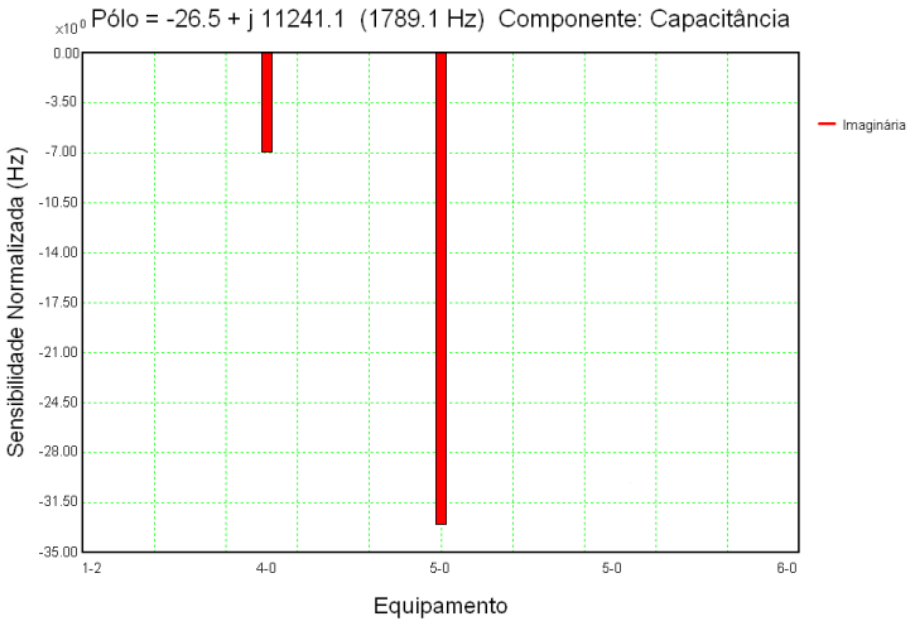


Figura 3.135: Sensibilidade de freqüência ou imaginária

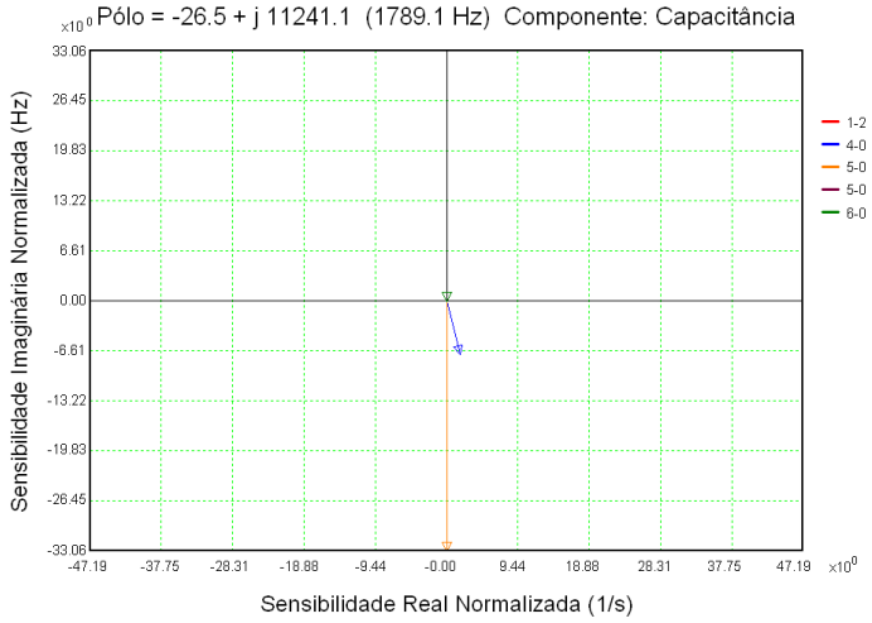


Figura 3.136: Sensibilidade fasorial ou complexa

Opção “Tabela”

O usuário também pode escolher a opção “**Tabela**”, sendo que esta apresenta os resultados em uma tabela do navegador padrão (por exemplo, “Internet Explorer Browser”). Valores de sensibilidades estão listados na Tabela 3.1. Esta tabela é referente aos valores traçados na Figura 3.136.

Tabela 3.1: Valores de sensibilidades de um pólo

Equipamento/	**Pólo**
Capacitâncias	**-26.545602+j11241.128859**
(1-2)	0.000000+j0.000000
(4-0)	1.805239-j7.015487
(5-0)	0.027005-j33.056416
(5-0)	0.000000+j0.000000
(6-0)	0.000000+j0.000000

Obtenção de Vários Valores de Sensibilidade para Vários Autovalores

O usuário pode escolher vários autovalores e vários equipamentos ou linhas de transmissão. Com isto, apenas a opção “**Tabela**” estará habilitada. Um exemplo de cálculo de sensibilidades de diversos autovalores em relação às capacitâncias de equipamentos está mostrado na Tabela 3.2 e outro exemplo em relação ao comprimento de linhas de transmissão está mostrado na Tabela 3.3.

Tabela 3.2: Valores de sensibilidade de dois autovalores em relação às capacitâncias

Equipamento/	**Pólos**	
Capacitâncias	**-26.545602+j11241.128859**	**-420.300987+j2544.682235**
(1-2)	0.000000+j0.000000	0.000000+j0.000000
(4-0)	1.805239-j7.015487	46.380715-j197.818384
(5-0)	0.027005-j33.056416	0.054257-j0.059649
(5-0)	0.000000+j0.000000	0.000000+j0.000000
(6-0)	0.000000+j0.000000	0.000000+j0.000000

Tabela 3.3: Valores de sensibilidade de dois autovalores em relação ao comprimento de uma LT

Linha/	**Pólos**	
	-26.545602+j11241.128859	**-420.300987+j2544.682235**
(3-4)	16.105745-j1176.893518	-58.148216-j46.715151

Máscaras

Em sistemas com muitos equipamentos, pode ser útil fazer uma filtragem dos elementos a serem analisados. Para isto, o usuário pode clicar no botão "**Máscara**" e a tela apresentada na Figura 3.137 será exibida.

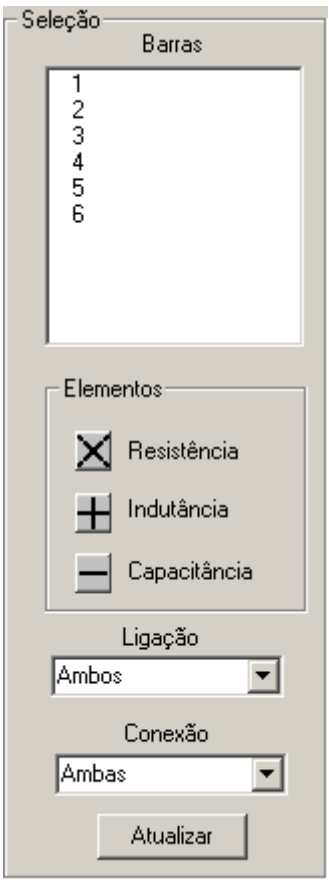


Figura 3.137: Máscaras

A lista "**Barras**" permite escolher em quais barras o programa procurará por equipamentos. Para isto, o usuário deve marcar as barras desejadas. Caso não seja marcada nenhuma barra, o programa considerará todas as barras.

Em "**Elementos**" o usuário pode escolher se determinado elemento deve constar da lista de procura dos equipamentos (+), se não deve constar (-) ou se é indiferente (X). No caso da Figura 3.137, o programa procurará por equipamentos que possuam indutâncias, não possuam capacitâncias podendo apresentar ou não resistências.

"**Ligação**" permite ao usuário escolher se os componentes dos equipamentos estão ligados em série ou em paralelo.

"**Conexão**" permite ao usuário escolher se os equipamentos estão conectados em derivação (conectados entre uma barra do sistema e a barra de referência) ou em série (conectados entre duas barras do sistema excluindo-se a de referência).

Considerando, por exemplo, um filtro de sintonia simples conectado a uma barra dos sistema, conforme mostrado na Figura 3.138, os componentes (R, L, C) do equipamento (filtro) estão ligados em série, mas o equipamento está conectado em derivação a uma barra do sistema.

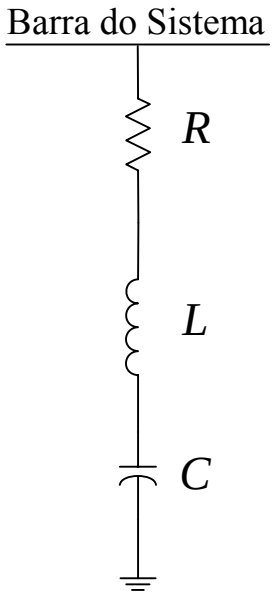


Figura 3.138: Filtro de sintonia simples

Distorções / Correntes de Penetração

Este diálogo permite acessar todas as opções possíveis para o cálculo das distorções de tensão e das correntes de penetração, causadas por fontes de correntes harmônicas do sistema (código de execução DSRC e DCOF). Destacam-se os seguintes recursos:

- Simplicidade na visualização de resultados.
- Ordenação das distorções por áreas ou grupos base de tensão.
- Cálculo fasorial, linear ou quadrático das distorções ou das correntes de penetração.

Este diálogo está apresentado na Figura 3.139.

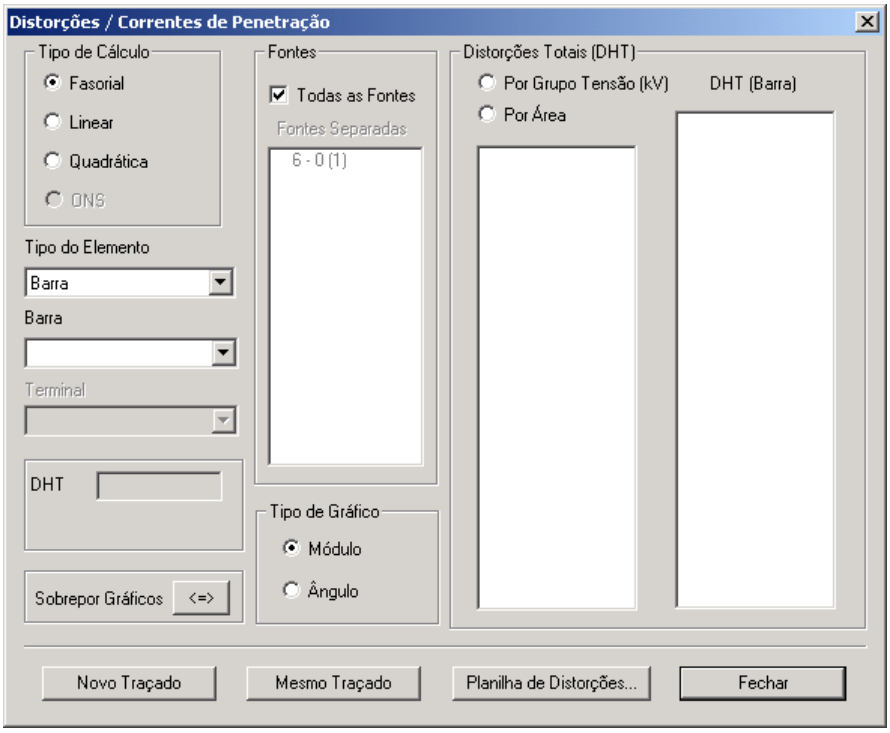


Figura 3.139: Diálogo de distorções e correntes de penetração

Tipos de Cálculo

A tensão harmônica em uma barra *k* do sistema, em valores percentuais da tensão base desta barra, é definida como:

$$v_k(h\omega_0) = \left[\sum_{j=1}^{n} z_{kj}(h\omega_0)\, i_j(h\omega_0)\right] 100\% \qquad (3.2)$$

onde:

h → Ordem do harmônico

ω_0 → Freqüência fundamental do sistema

n → Número de barras do sistema

$v_k(h\omega_0)$ → Tensão em % na barra *k* na freqüência harmônica $h\omega_0$

$z_{kj}(h\omega_0)$ → Impedância de transferência entre as barras *k* e *j* (ou própria se $k = j$) na freqüência harmônica $h\omega_0$ em pu

$i_j(h\omega_0)$ → Corrente injetada na barra *j* na freqüência harmônica $h\omega_0$ em pu

A Equação (3.2) pode ser escrita em uma notação mais simplificada como:

$$v_k^h = \left[\sum_{j=1}^{n} z_{kj}^h \; i_j^h \right] 100\% \tag{3.3}$$

A distorção individual de tensão do harmônico *h* na barra *k*, calculada por soma fasorial, é definida como o módulo da tensão (fasor) v_k^h dada pela Equação (3.3), ou seja:

$$D_k^h = \left| v_k^h \right| = \left| \sum_{j=1}^{n} z_{kj}^h \; i_j^h \right| 100\% \tag{3.4}$$

A distorção individual de tensão do harmônico *h* na barra *k*, calculada por soma linear, é dada por:

$$D_k^h = \sum_{j=1}^{n} \left| z_{kj}^h \right| \left| i_j^h \right| 100\% \tag{3.5}$$

A distorção individual de tensão do harmônico *h* na barra *k*, calculada por soma quadrática, é dada por:

$$D_k^h = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(\left| z_{kj}^h \right| \left| i_j^h \right| \right)^2} \; 100\% \tag{3.6}$$

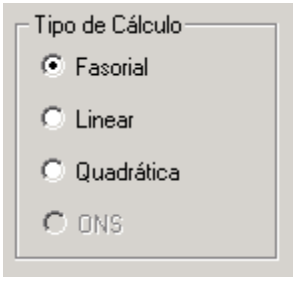
Seja um elemento de admitância *y* conectado entre as barras *k* e *j* do sistema elétrico. As correntes de penetração harmônica nos terminais deste elemento são dadas por:

$$\begin{bmatrix} i_k^h \\ i_j^h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y & -y \\ -y & y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_k^h \\ v_j^h \end{bmatrix} \tag{3.7}$$

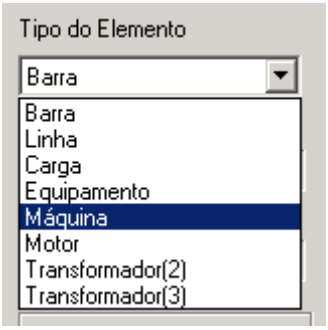
Da mesma forma que as distorções, as correntes harmônicas nos terminais *k* e *j* do elemento de admitância *y* podem ser calculadas de três formas diferentes, ou seja, fasorial, linear ou quadrática. O que define o tipo de cálculo da corrente é a

forma como são calculadas as tensões v_k^h e v_j^h. No caso fasorial v_k^h (ou v_j^h) é dada por (3.3), nos casos linear e quadrática tem-se $v_k^h = D_k^h$ onde D_k^h é dada por (3.5) e (3.6), respectivamente.

A seguir, será mostrado como o usuário poderá escolher qual tipo de cálculo de distorção e/ou corrente de penetração ele deseja, bem como outros cálculos, recursos gráficos e facilidades.



Permite ao usuário escolher se as distorções e/ou correntes de penetração serão calculadas como soma fasorial, linear ou quadrática.



Permite ao usuário escolher entre o cálculo de distorções de tensão ("**Barra**") ou de correntes de penetração ("**Linha**", "**Carga**", "**Equipamento**", "**Máquina**", **"Motor"**, "**Transformador(2)**", "**Transformador(3)**").

Distorções

Para o cálculo de distorções de tensões nas barras, o usuário deve escolher a opção "**Barra**" no campo "**Tipo do Elemento**". Com isto, todos os números das barras do sistema surgirão no campo "**Barra**", logo abaixo do "**Tipo do Elemento**". Como exemplo, na Figura 3.140 está mostrada como é a preparação para traçar a distorção de tensão na barra 4. Deve-se observar que quando se escolhe uma barra, o valor da distorção harmônica total (DHT) também é apresentado. A distorção harmônica total em uma barra *k* do sistema é dada por:

$$DHT_k = \sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} \left(D_k^h\right)^2} \qquad (3.8)$$

onde h_{max} denota a ordem do harmônico de maior freqüência presente no sistema.

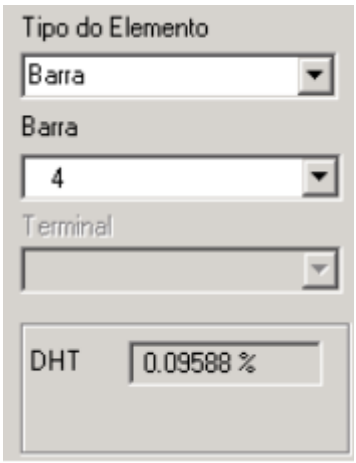


Figura 3.140: Distorções de tensão nas barras

Depois basta clicar em "**Novo Traçado**" para que o programa calcule as distorções individualizadas por freqüências das fontes de corrente. Estas distorções são mostradas na Figura 3.141.

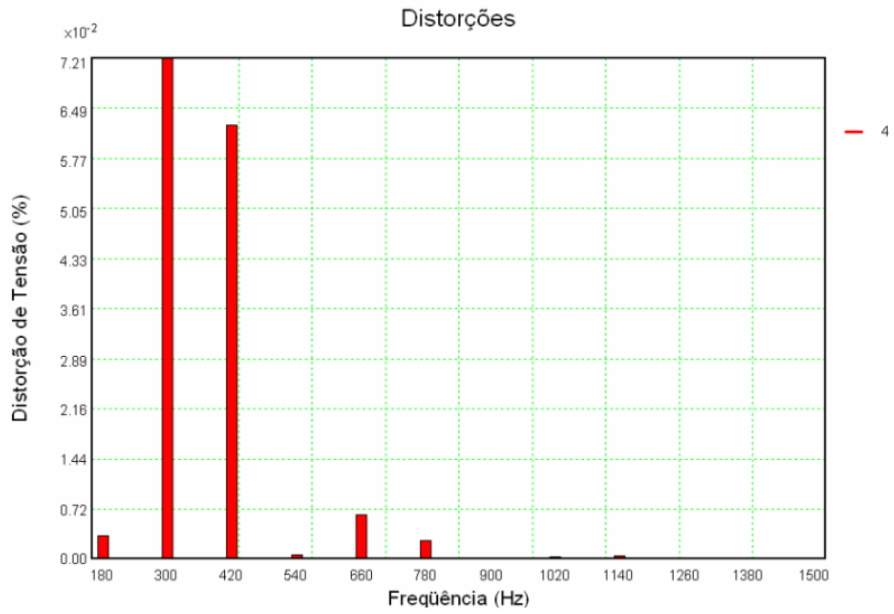


Figura 3.141: Distorções na barra 4

Se o usuário tiver escolhido a opção "**Fasorial**" como tipo de cálculo, é possível traçar também o gráfico dos ângulos das tensões harmônicas v_k^h. Para isto, o usuário deverá marcar a opção "**Ângulo**" do quadro "**Tipo de Gráfico**". Estes ângulos estão mostrados na Figura 3.142.

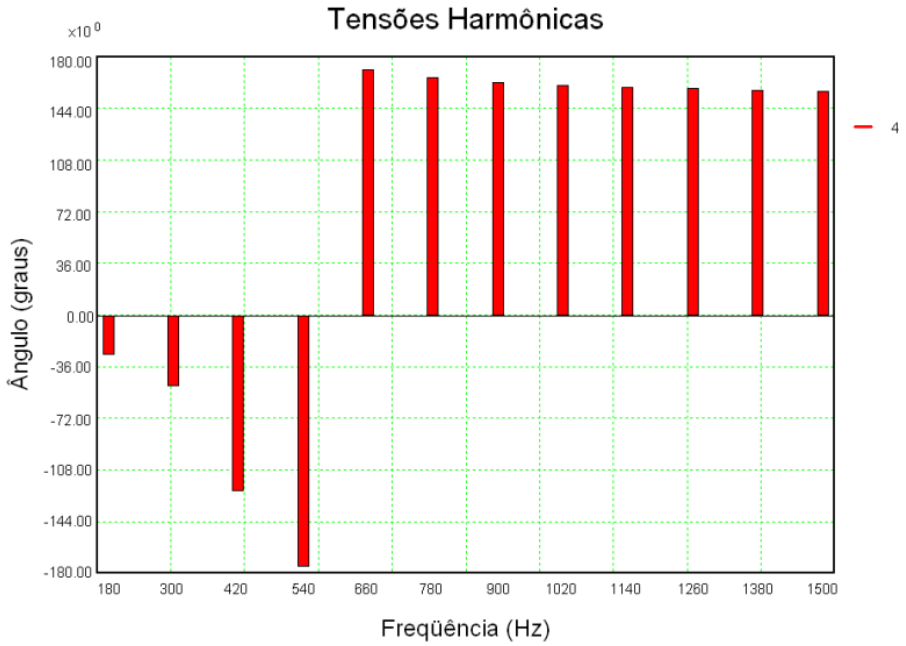


Figura 3.142: Ângulos das tensões harmônicas da barra 4

Caso se deseje comparar distorções em barras diferentes, basta escolher a barra e depois clicar em "**Mesmo Traçado**". Esta comparação é mostrada na Figura 3.143 onde a nova barra escolhida foi a barra 5.

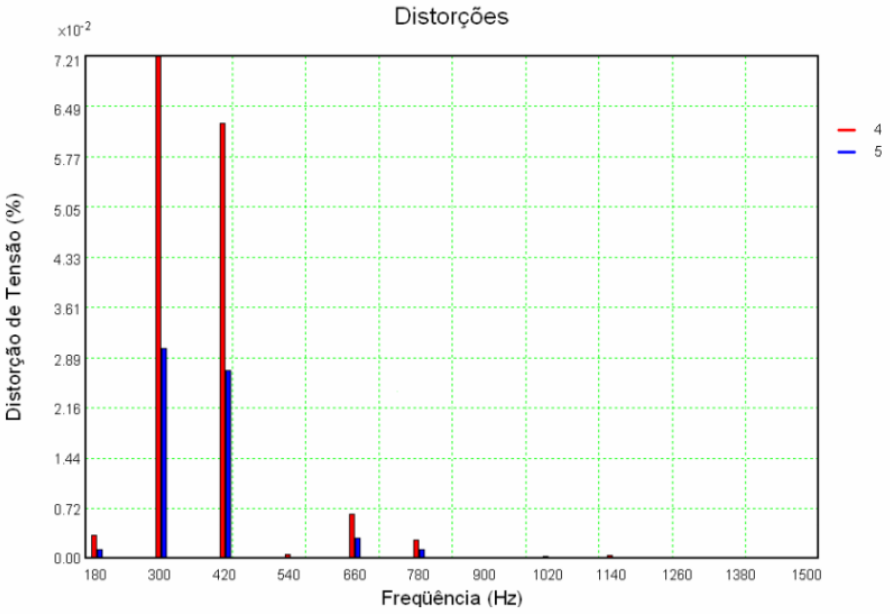


Figura 3.143: Comparação de distorções

O botão <=> permite ao usuário sobrepor, em um mesmo gráfico, distorções de várias barras, conforme mostrado na Figura 3.144.

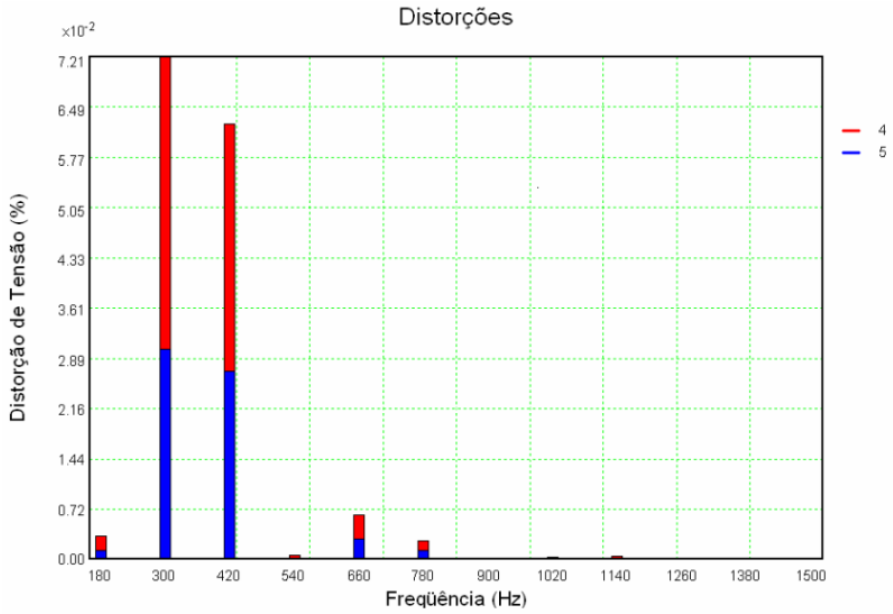


Figura 3.144: Sobreposições de distorções

Seleção de Fontes

Caso se deseje considerar apenas um determinado conjunto de fontes harmônicas de corrente (ao invés de todas), existe a opção de selecionar quais estarão ativadas no cálculo das distorções. Na Figura 3.145 a fonte harmônica da barra 6 está ativa (marcada em azul).

Figura 3.145: Seleção de fontes em separado

Cálculo da Distorção Harmônica Total (DHT)

O programa também permite calcular a DHT das barras pertencentes a uma área ou a um grupo base de tensão, utilizando apenas algumas fontes ou todas elas. Para isto, basta fazer uso da opção "**Distorções Totais (DHT)**", conforme ilustrado na Figura 3.146. Esta figura mostra os valores de distorções totais nas barras pertencentes ao grupo de tensão de 230kV (barras 3 e 4). Os valores de

distorções são apresentados em ordem crescente de DHT após o usuário aplicar um duplo clique com o botão esquerdo do mouse sobre o grupo base ou área selecionado.

Caso o usuário deseje ver o gráfico das distorções por freqüências, basta dar um duplo clique com o botão esquerdo do mouse sobre a DHT de interesse.

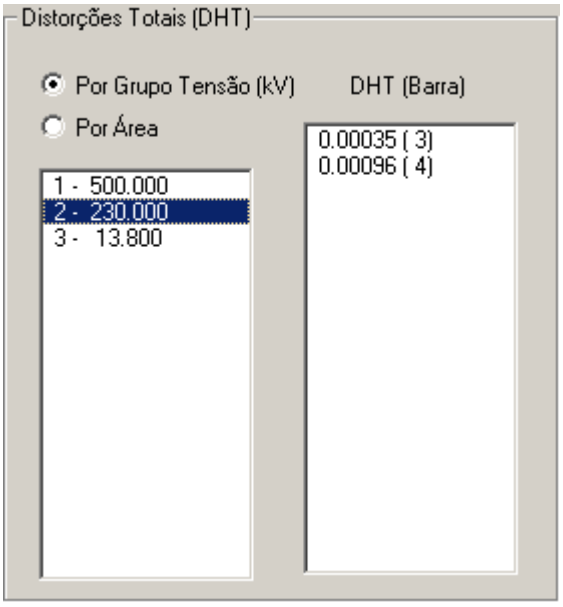


Figura 3.146: Distorções totais por grupo de tensão

Na Figura 3.147 é mostrado o cálculo do DHT por áreas.

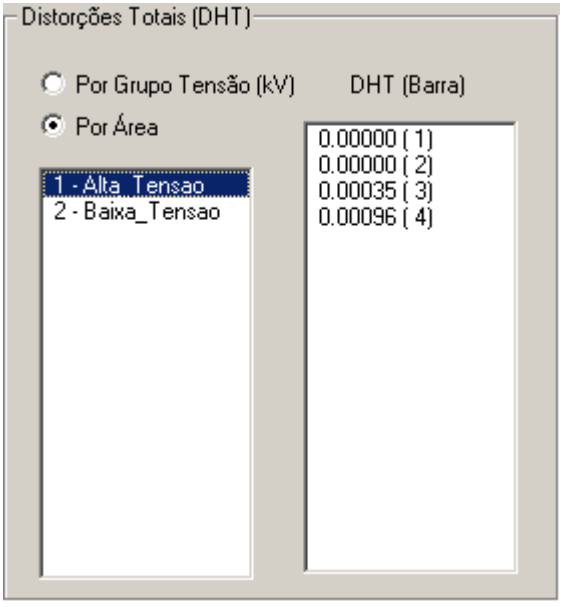


Figura 3.147: Distorções totais por área

Planilha de Distorções

Até então, se fosse necessário o cálculo das distorções totais (DHTs) de barras de diferentes grupos base de tensão ou de diferentes áreas, haveria a necessidade de se calcular as DHTs de cada grupo ou área por vez. Para a obtenção das

distorções individuais de tensão de várias barras, o usuário teria de traçá-las graficamente (no máximo trinta distorções de barras do sistema por gráfico) para então exportá-las para o Excel. Dependendo do número de barras, este procedimento pode ser trabalhoso e entediante. Agora, é possível fazer a exportação para o Excel de várias distorções totais e individuais ao mesmo tempo. Para isto, foi desenvolvida uma nova janela onde o usuário pode escolher vários grupos base de tensão e áreas, tendo também a facilidade de visualizar as DHTs e excluir as barras que não são de interesse antes de exportar para o Excel. Se houver a necessidade, uma freqüência individual pode ser escolhida para se visualizar sua distorção. Essa janela pode ser acessada clicando o botão "**Planilha de Distorções...**" que se encontra no diálogo de distorções como mostrado na Figura 3.139.

Na Figura 3.148 está mostrada a janela para exportação para o Excel. Antes de exportar as distorções de determinados grupos base de tensão ou de determinadas áreas, o usuário deve clicar em um dos dois "*radio buttons*" e depois deve selecionar os grupos (ou áreas) de interesse entre os que lhes são apresentados. Logo que esse procedimento for realizado, pode-se visualizar as distorções clicando no botão "**Visualizar**>>" e as mesmas serão apresentadas como mostrado na Figura 3.149.

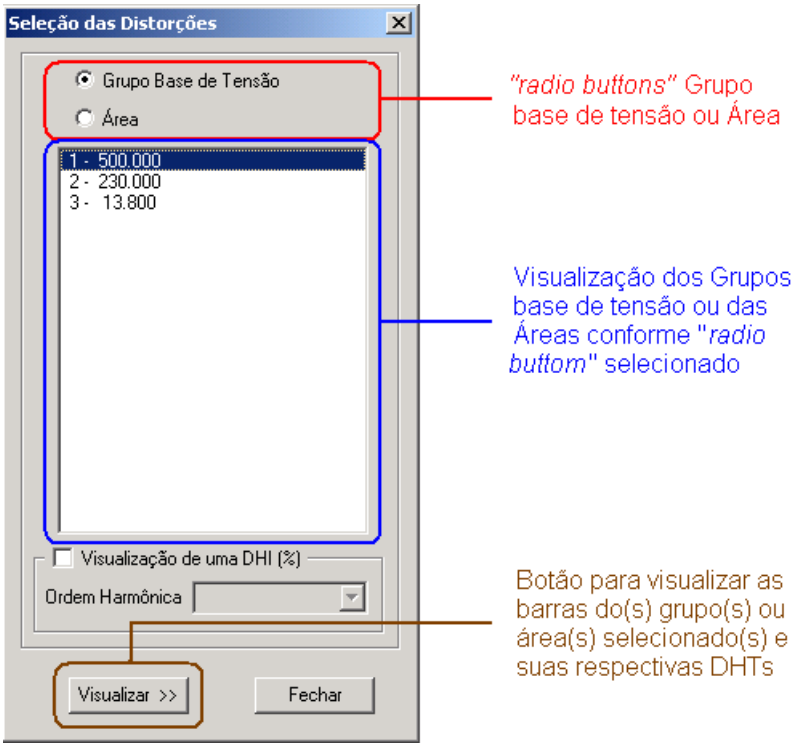

Seleção das Distorções
Grupo Base de Tensão
Área
1 - 500.000
2 - 230.000
3 - 13.800
Visualização de uma DHI (%)
Ordem Harmônica
Visualizar >>
Fechar
"radio buttons" Grupo base de tensão ou Área
Visualização dos Grupos base de tensão ou das Áreas conforme "radio buttom" selecionado
Botão para visualizar as barras do(s) grupo(s) ou área(s) selecionado(s) e suas respectivas DHTs

Figura 3.148: Diálogo de Exportação para o Excel

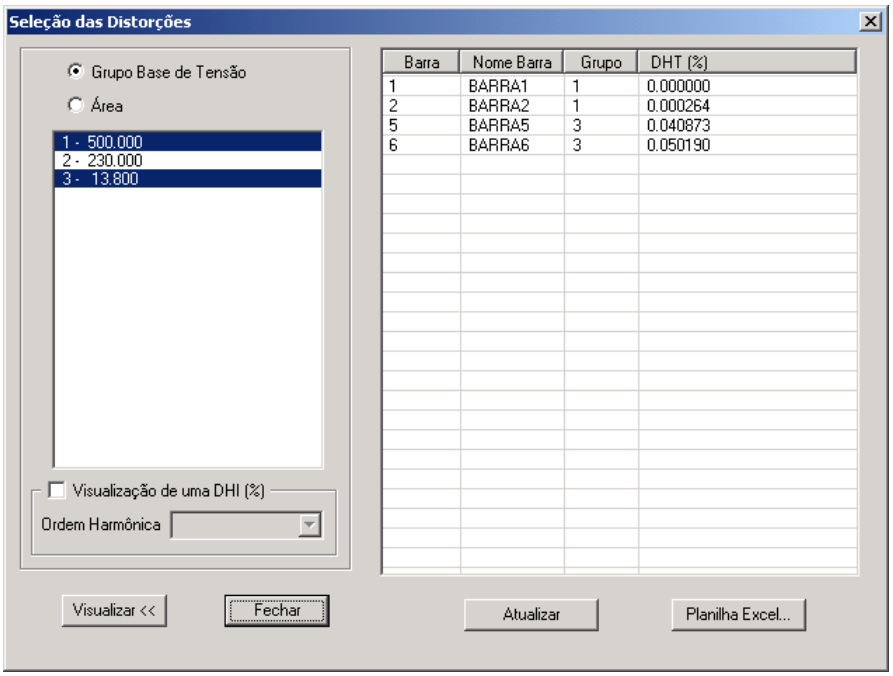


Figura 3.149: Visualização das Distorções

Deve-se observar que os grupos ou as áreas podem ser selecionados consecutivamente usando a tecla "**Shift**" ou não consecutivamente usando a tecla "**Ctrl**". Para visualizar todas as barras e suas respectivas distorções pode-se usar a tecla de atalho "**Ctrl+A**", e todos os grupos ou áreas serão selecionados.

Pode-se também visualizar uma distorção individual de uma determinada seleção. Para isto, deve-se habilitar "**Visualização de uma DHI (%)**" e escolher uma determinada ordem harmônica. A DHI de todas as barras selecionadas serão mostradas ao lado de sua respectiva DHT. Esse procedimento é mostrado na Figura 3.150.

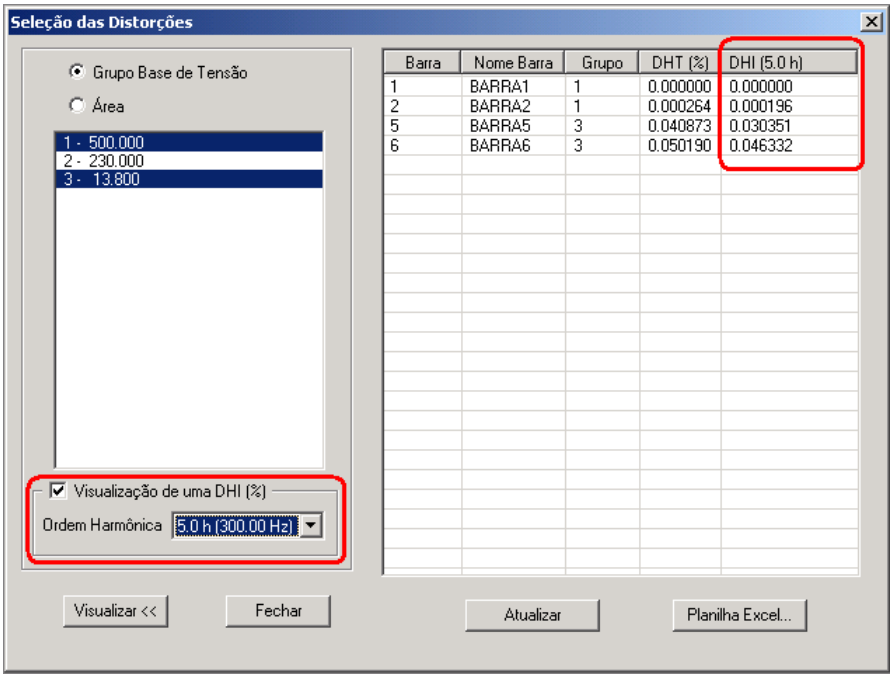


Figura 3.150: Visualização das Distorções Individuais

Para calcular outras distorções, basta selecionar com um clique simples outro grupo ou outra área.

É importante observar que o cálculo das distorções depende de quais fontes foram selecionadas no diálogo "**Distorções / Correntes de Penetração**", conforme foi visto no item "**Seleção de Fontes**" e mostrado na Figura 3.145. Para refazer os cálculos considerando outras fontes disponíveis no diálogo "**Distorções / Correntes de Penetração**", basta escolher as fontes desejadas no diálogo acima citado e voltando ao diálogo "**Seleção das Distorções**", pressionar o botão "**Atualizar**".

Se não houver necessidade de exportar para o Excel todas as barras visualizadas, pode-se remover as barras que não são de interesse selecionando-as e depois apertando a tecla "**Delete**". Somente as barras que podem ser visualizadas é que realmente serão exportadas. Caso o usuário tenha removido barras indevidamente, ele poderá visualizar novamente todas as barras dos grupos ou áreas selecionados pressionando o botão "**Atualizar**".

Depois de visualizar as barras que serão exportadas, basta clicar no botão "**Planilha Excel...**" que a caixa de diálogo mostrada na Figura 3.151 será aberta. Nela deverão ser preenchidos alguns itens para que a formatação dos dados no Excel seja mais conveniente para o usuário. O item "**Número de Colunas**" refere-se à quantidade de barras e suas respectivas distorções que serão impressas no arquivo do Excel em seqüência antes de passar para uma nova seqüência a ser impressa abaixo da primeira. Os demais itens são sucintamente explicados no item "**Exportação de Dados**" que será visto mais adiante. Os resultados da exportação podem ser vistos na Figura 3.152, onde o número de casas decimais e de colunas foram feitos iguais a seis (6) e três (3), respectivamente. Como pode-se observar, para cada barra são calculadas a distorção total e todas distorções individuais. Como o número de colunas escolhido foi três (3), foram impressas as barras 1, 2 e 3 e logo abaixo dessas foram impressas as barras 4, 5 e 6.

Caso o usuário deseje todas as barras de apenas um grupo base de tensão ou área, basta dar um duplo-clique com o botão esquerdo do mouse no grupo ou área desejado que caixa de diálogo mostrada na Figura 3.151 será aberta.

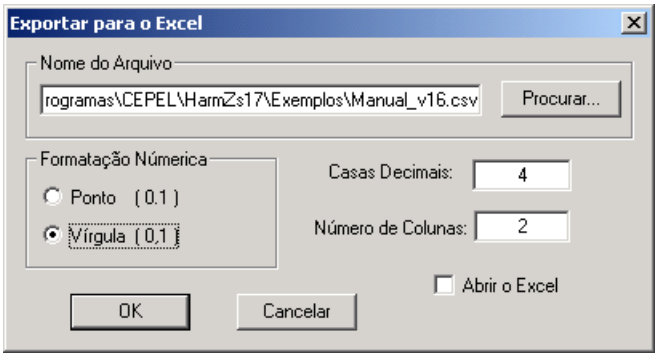


Figura 3.151: Diálogo para formatar a exportação para o Excel

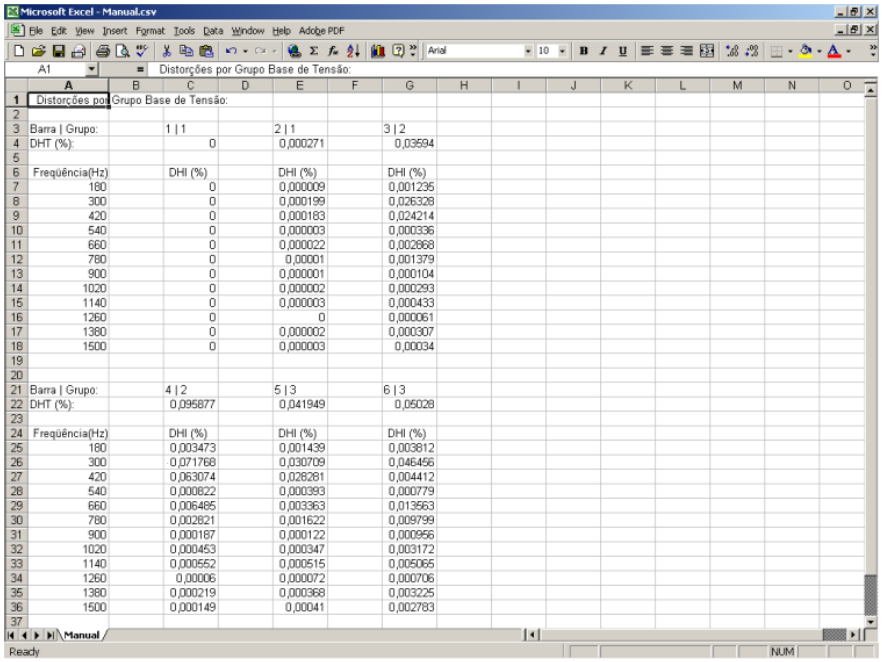


Figura 3.152: Arquivo do Excel

Correntes de Penetração

Para o cálculo de correntes de penetração, o usuário deve selecionar o componente do sistema de interesse utilizando o campo "**Tipo do Elemento**". Com isto, todos os números das barras, entre as quais existe um elemento do tipo escolhido conectado, surgirão na lista do campo abaixo do "**Tipo do Elemento**". Por exemplo, na Figura 3.153 está mostrado como traçar o gráfico de barras da corrente de penetração do equipamento *RLC* que se encontra conectado à barra 6. De acordo com esta figura, o terminal do equipamento escolhido para o cálculo da corrente é o 1 (correspondente à barra "de"). O número entre parêntesis que aparece no campo "**Equipamento**" é o identificador de circuitos. No caso de linhas de transmissão a corrente no terminal 1 será, em geral, diferente da corrente no 2 (correspondente à barra "para"). Da mesma forma, no caso de transformadores de três enrolamentos, as correntes em pu nos três terminais serão, em geral, diferentes.

Também nesta figura estão apresentados os valores de IRMST e IRMSH, iguais aos valores eficazes de corrente através do equipamento selecionado considerando todos os harmônicos das fontes de corrente e, no caso de IRMST, considerando também o valor da componente fundamental (valor nominal da corrente do equipamento fornecido por meio do código DCOF). Matematicamente, estes valores são definidos por:

$$IRMST = \sqrt{\sum_{h=1}^{h_{max}} I_h^2} \qquad (3.9)$$

$$IRMSH = \sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} I_h^2} \qquad (3.10)$$

sendo I_h a corrente harmônica de ordem h e h_{max} o número total de harmônicos considerados.

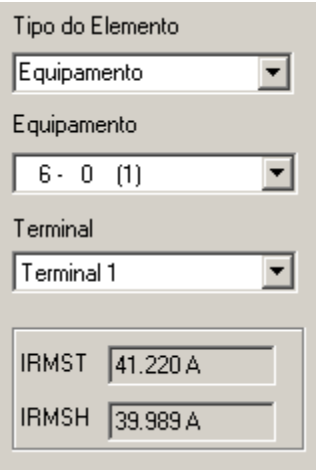


Figura 3.153: Elemento onde a corrente de penetração será calculada

Depois destas seleções, basta clicar em "**Novo Traçado**" para que o programa apresente o gráfico das correntes harmônicas de penetração, conforme mostrado na Figura 3.154.

As opções "**Mesmo Traçado**", "**Sobrepor Gráficos**" (botão <=>) e de seleção de fontes de correntes harmônicas, que foram discutidas para distorções em barras, também funcionam para correntes de penetração.

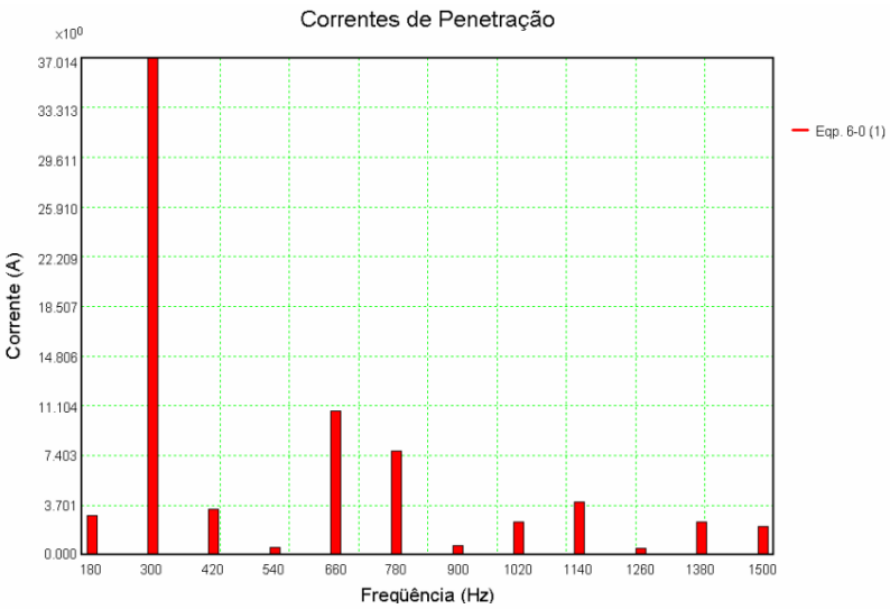


Figura 3.154: Correntes de penetração

Para verificar o **cálculo fasorial** das correntes de penetração, realizados pelo programa HarmZs, foi utilizado o sistema de três barras apresentado na Figura 3.155. Sua freqüência fundamental é 50 Hz.

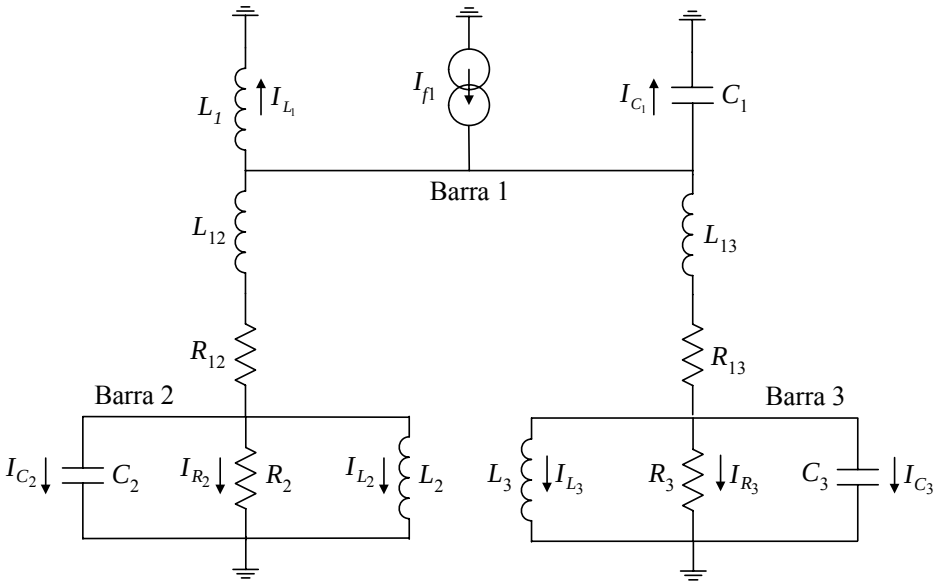


Figura 3.155: Sistema de três barras

Os valores das correntes harmônicas injetadas pela fonte I_{f1} nas freqüências harmônicas de 250 Hz, 350 Hz e 450 Hz são iguais a:

$$I_{f1}^{(250)} = 1.0 \angle 20^o \qquad (3.11)$$

$$I_{f1}^{(350)} = 1.0 \angle 30^o \qquad (3.12)$$

$$I_{f1}^{(450)} = 1.0 \angle 40^o \qquad (3.13)$$

As correntes harmônicas através do equipamento *LC* paralelo conectado entre as barras 1 e a de referência (Eqp. 1) é igual a soma dada por:

$$I_1^{(h)} = I_{C_1}^{(h)} + I_{L_1}^{(h)} \ , \ h = 250, 350, 450 \text{ em Hz} \qquad (3.14)$$

sendo I_{C1} e I_{L1} as correntes através da capacitância C_1 e da indutância L_1, respectivamente.

Analogamente, para os equipamentos *RLCs* conectados entre as barras 2 e a de referência (Eqp. 2) e entre as barras 3 e a de referência (Eqp. 3), tem-se:

$$I_2^{(h)} = I_{C_2}^{(h)} + I_{L_2}^{(h)} + I_{R_2}^{(h)} \ , \ h = 250, 350, 450 \text{ em Hz} \qquad (3.15)$$

$$I_3^{(h)} = I_{C_3}^{(h)} + I_{L_3}^{(h)} + I_{R_3}^{(h)} \ , \ h = 250, 350, 450 \text{ em Hz} \qquad (3.16)$$

Os valores numéricos dos módulos e ângulos de $I_1^{(h)}$ para $h = 250, 350, 450$ em Hz podem ser obtidos traçando-se no mesmo gráfico de barras os seus módulos e seus ângulos. Para isto traça-se o gráfico de módulos, conforme mostrado na Figura 3.156 e escolhe-se a opção "**Ângulos**" traçando o gráfico de ângulos utilizando o botão "**Mesmo Traçado**" conforme mostrado na Figura 3.157. Note que a opção "**Ângulos**" só estará ativa se o tipo de cálculo escolhido para as correntes for o fasorial.

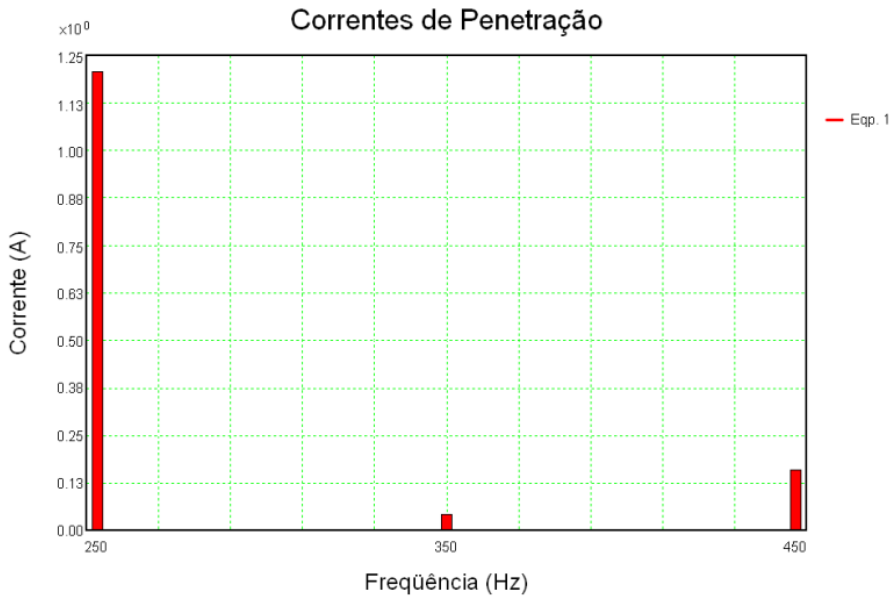


Figura 3.156: Módulos das correntes de penetração para o Eqp. 1

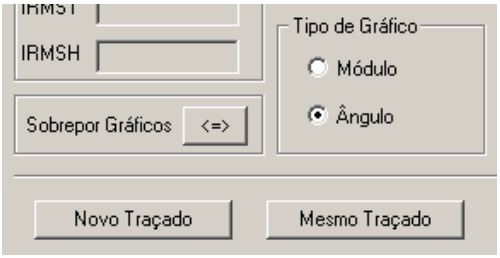


Figura 3.157: Traçado dos módulos sobreposto aos dos ângulos

Desta forma, o gráfico mostrado na Figura 3.158 é gerado. Em seguida, os valores traçados neste último gráfico devem ser exportados para o Excel, de modo a tê-los em formato numérico. Esta exportação é feita utilizando-se a opção "**Excel...**" encontrada no menu "**Opções**" e no submenu "**Exportar ▸**" conforme mostrado na Figura 3.159. Procedimento similar deve ser realizado para se obter os valores numéricos dos módulos e ângulos de $I_2^{(h)}$ e $I_3^{(h)}$. As configurações para a correta exportação dos dados para o Excel são abordadas no capítulo "**Ferramentas Gráficas**" no item "**Excel"**.

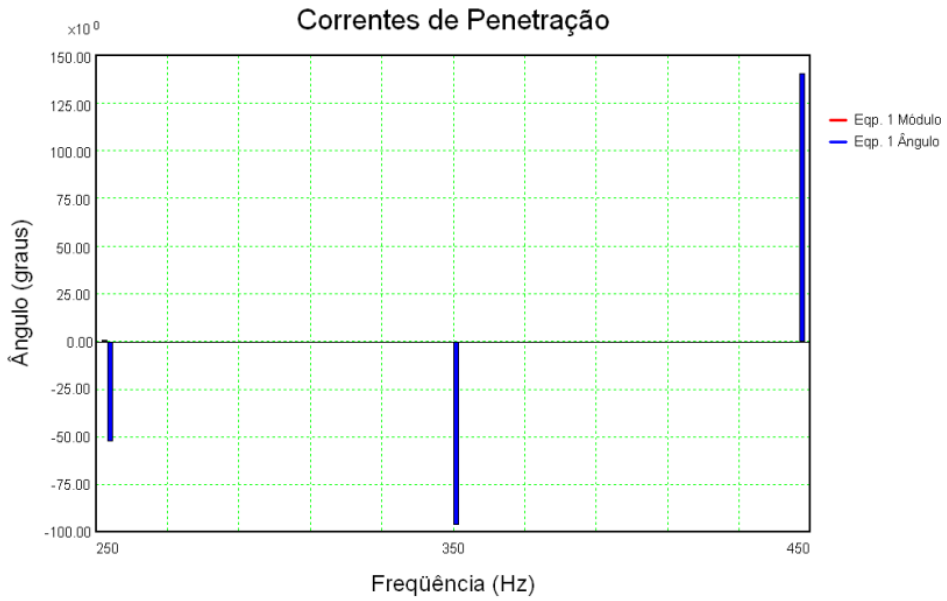


Figura 3.158: Módulos e ângulos das correntes de penetração para o Eqp. 1

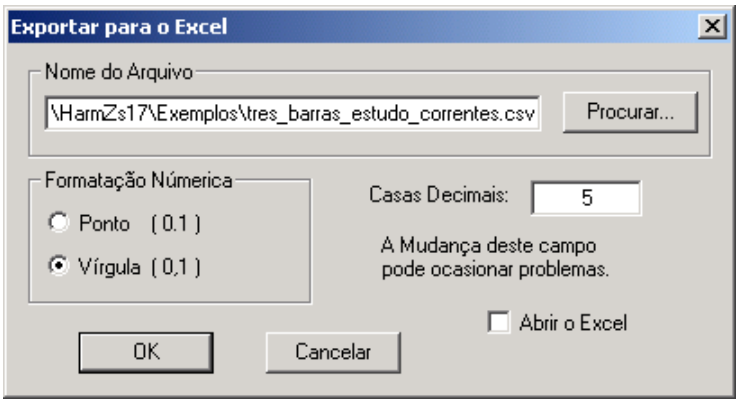


Figura 3.159: Exportação para o Excel

Na Tabela 3.4, Tabela 3.5e Tabela 3.6 estão apresentados os valores exportados para o Excel dos módulos e ângulos das correntes harmônicas através dos equipamentos Eqp. 1, Eqp. 2 e Eqp. 3.

Tabela 3.4: Valores de módulo e ângulo de corrente através de Eqp. 1

Freqüência (Hz)	Módulo (A)	Ângulo (graus)
250	1.209134	-52.3649
350	0.046535	-96.1166
450	0.163792	140.6807

Tabela 3.5: Valores de módulo e ângulo de corrente através de Eqp. 2

Freqüência (Hz)	Módulo (A)	Ângulo (graus)
250	0.558569	66.002472
350	0.317761	24.00107
450	0.326273	69.999672

Tabela 3.6: Valores de módulo e ângulo de corrente através de Eqp. 3

Freqüência (Hz)	Módulo (A)	Ângulo (graus)
250	0.789686	91.87299
350	0.714922	35.68348
450	0.815004	16.56842

De acordo com a Lei de Kircchoff para correntes, deve-se ter:

$$I_1^{(h)} + I_2^{(h)} + I_3^{(h)} = I_{f1}^{(h)}\ ,\ h = 250, 350, 450 \text{ em Hz} \qquad (3.17)$$

Substituindo os valores dados nas tabelas anteriores no lado esquerdo de (3.17), as equações (3.11), (3.12) e (3.13) são verificadas. Na Listagem 3.2 é apresentado o arquivo de entrada completo do sistema de três barras.

Listagem 3.2: Arquivo de entrada do sistema de três barras

```
#VERSAO 1.6
DGERAIS
  FREQUENCIA    50.0
  SBASE         1.0
  DADOS         Unidades
  INTERFACE     Unidades
  METODOLOGIA   YS
  TITULO
  IDBARRA       NUMERO
FIM
%
DBAR
  1     "Barra 1"     1.0     0   1    1
  2     "Barra 2"     1.0     0   1    1
  3     "Barra 3"     1.0     0   1    1
FIM
%
DGBT
   1      1
FIM
DEQP
   1      0   1     1      0.0     2.5133    23.9       1
   2      0   1     1     80.0     133.20    08.0       1
   3      0   1     1    133.0     166.82    11.9       1
   1      2   1     1      0.46    3.0473    0.0        2
   1      3   1     1      0.55    3.7385    0.0        2
FIM
%
DSRC
%  B_de   tipo   ID  Status
     1      I     1    1
%
%      f       Imod    Iang
    250.0       1.0    20.0
    350.0       1.0    30.0
    450.0       1.0    40.0
%
FIMP
FIM
```

Traçados com muitas Freqüências

Quando houver muitas freqüências a serem consideradas, o programa poderá apresentar gráficos de barras de distorções de tensão ou correntes de penetração divididos por páginas. O número máximo de freqüências visualizadas por página pode ser fixado pelo usuário. Para alterar esse número máximo, basta que o usuário acesse o submenu "**Configurações**" encontrado no menu "**Editar**" e escolher no diálogo "**Opções**", como apresentado na Figura 3.160, a opção "**Configurações**" que se encontra na opção "**Saída Gráfica**".

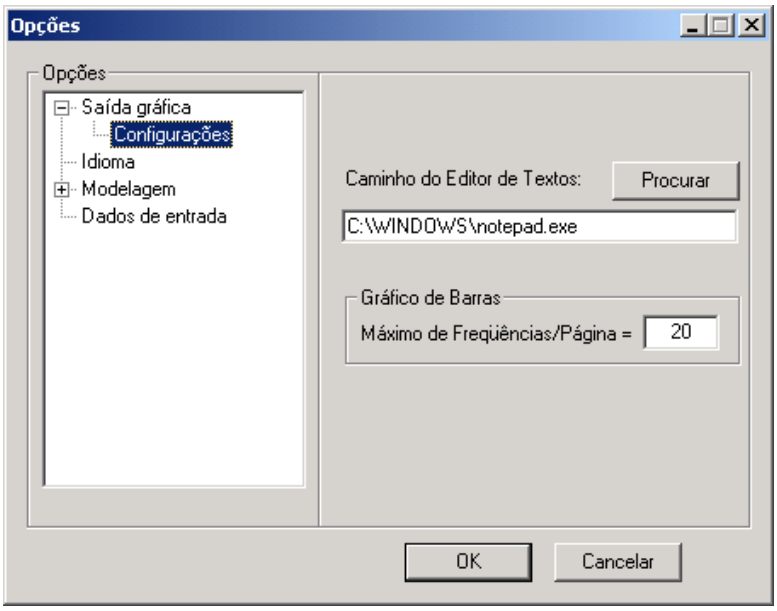


Figura 3.160: Opção de fixar o número de freqüências por página.

O valor padrão do campo "**Máximo de Freqüências /Página**" é 20 (vinte). Após a modificação, o novo valor será carregado toda vez que o programa for iniciado.

Na Figura 3.161 está apresentado um traçado de distorções com apenas 6 freqüências por página. Para visualisar a diferença causada pela mudança do número máximo de freqüências por página, esta figura pode ser comparada à Figura 3.141 onde o número máximo fixado era de 20 freqüências.

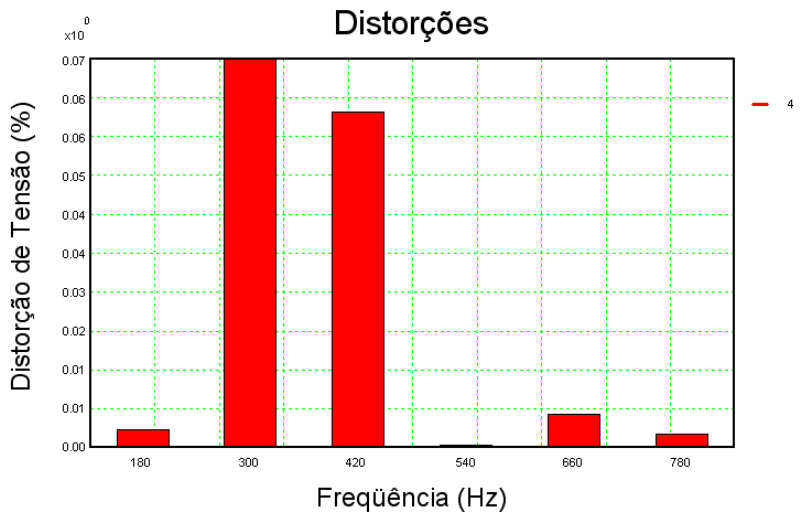


Figura 3.161: Traçado das distorções de tensão da barra 4 com apenas 6 freqüências (1ª página).

A escolha do número máximo de freqüências também é útil quando se deseja traçar as distorções de muitas barras em um mesmo gráfico. Na Figura 3.162 está apresentado o traçado das distorções de tensão das barras 4 e 5. Essa figura pode ser comparada à Figura 3.143, de modo a se verificar a diferença entre os números de freqüências. Na Figura 3.143, o número máximo de freqüências era 20 (vinte).

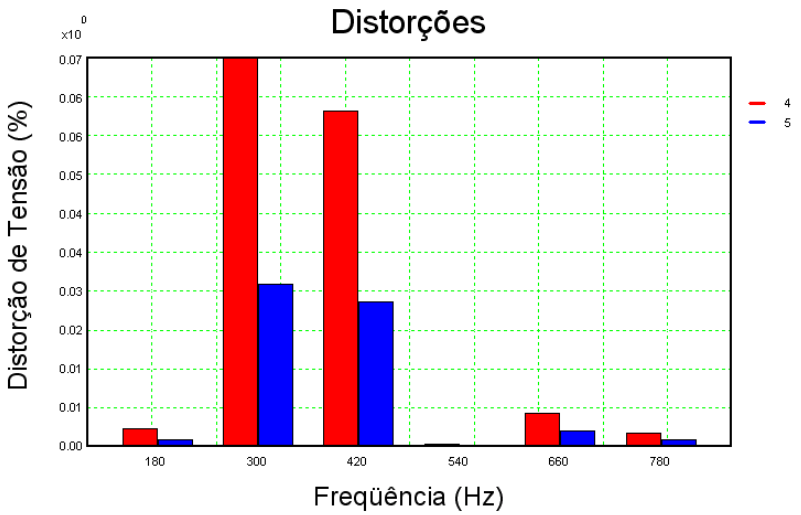


Figura 3.162: Traçado das distorções de tensão das barras 4 e 5 com apenas 6 freqüências (1ª página).

Fixado o número máximo de freqüências, as freqüências restantes poderão ser visualizadas nas outras páginas utilizando os comandos para navegar por estes gráficos de barras. Estes comandos se encontram na barra de tarefas.

Como exemplo, em um caso na qual existem 57 freqüências harmônicas e o número máximo de freqüências por página seja 20, o programa traçará dois gráficos com 20 barras e um terceiro com 17.

Para o caso de gráficos de barras de sensibilidades de autovalores em relação a equipamentos, o número máximo de freqüências por página fica limitado a 20, não sendo possível modificá-lo. Assim, quando houver mais de 20 equipamentos, os comandos devem ser utilizados de forma a que todos os gráficos possam ser visualizados.

4. Ferramentas Gráficas

Modificação de Nomes e Fontes

Para modificar o nome ou a fonte de determinado texto, basta clicar com o botão direito do "mouse" em cima do texto que se deseja alterar, com isto será exibido um menu dinâmico, conforme mostrado na Figura 4.1, perguntando o que se deseja alterar (título ou fonte).

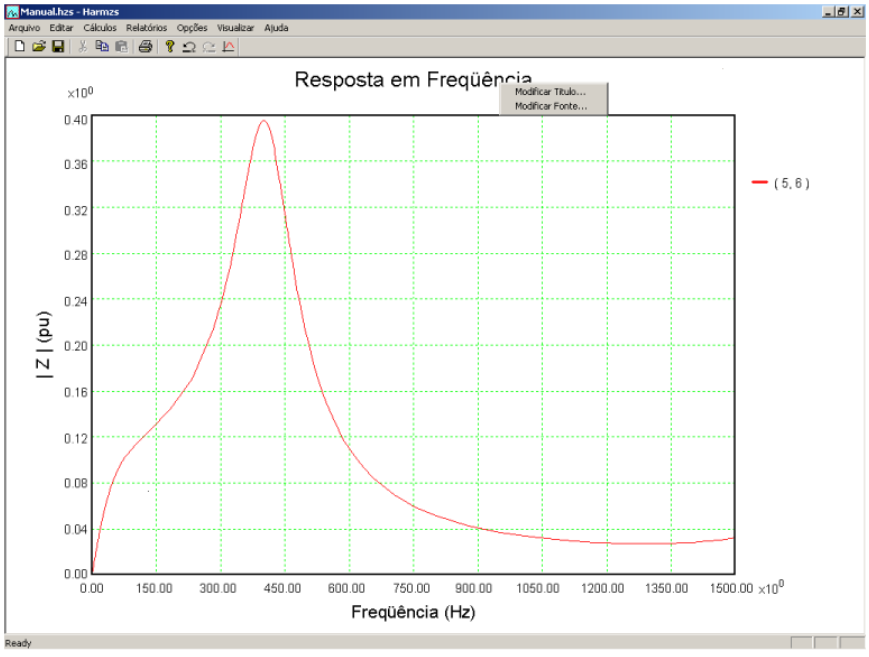


Figura 4.1: Modificação de nomes e fontes

Caso seja escolhido "**Modificar Título...**", será aberta uma ferramenta de edição de texto. Para terminar a edição pressione a tecla "**Enter**".

Caso seja escolhido "**Modificar Fonte...**", será aberta a caixa de diálogos mostrada na Figura 4.2.

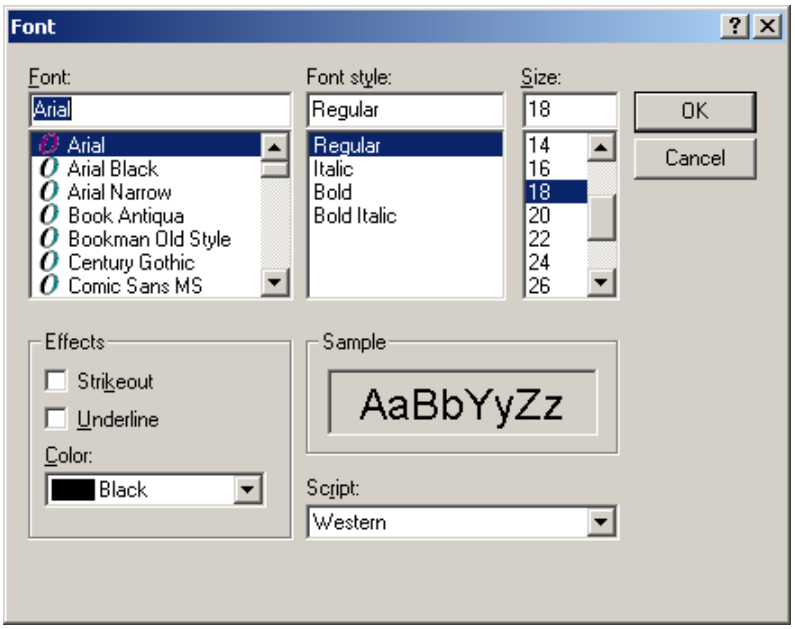


Figura 4.2: Escolha de fontes

Alteração de Elementos das Curvas Traçadas

Clicando com o botão direito na legenda das curvas, um menu dinâmico será apresentado ao usuário para que seja possível modificar suas propriedades, como pode ser observado na Figura 4.3.

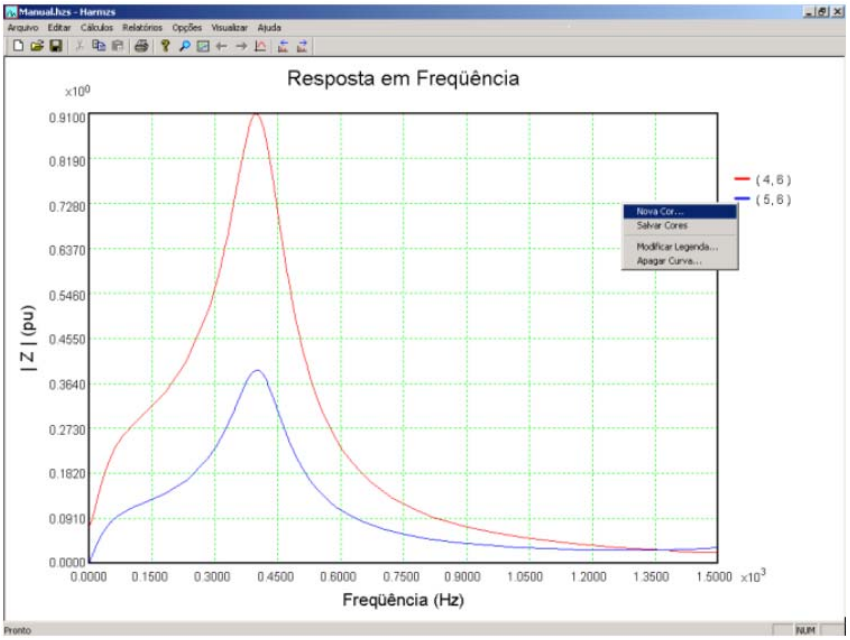


Figura 4.3: Alteração das propriedades das curvas

As propriedades das curvas que podem ser modificadas são as seguintes:

“Nova Cor...”	Abre um diálogo possibilitando ao usuário escolher uma nova cor para a curva selecionada.
“Salvar Cores”	Salva o esquema de cores escolhido para uso em futuros gráficos a serem gerados pelo programa.
“Modificar Legenda”	Abre uma ferramenta de texto para modificar o nome da curva.
“Apagar Curva...”	Apaga a curva do gráfico atual.

Modificação de Escalas, Linhas de Grade e Formatação Numérica.

Clicando com o botão direito do “mouse” em qualquer área do gráfico será aberto o diálogo apresentado na Figura 4.4.

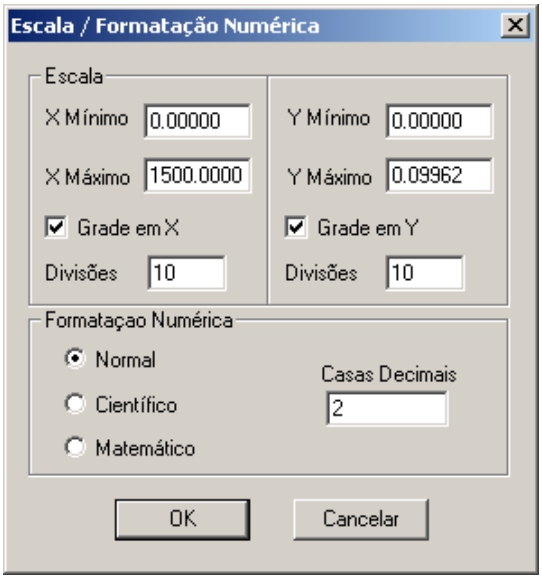


Figura 4.4: Mudança das propriedades do gráfico

“**Escala**” ➢ Modifica os valores mínimos e máximos dos eixos horizontal (**X Mínimo** e **X Máximo**) e vertical (**Y Mínimo e Y Máximo**).

“**Grade**” ➢ Habilita ou não as linhas de grade horizontais e/ou verticais do gráfico.

"**Formatação Numérica**" ➢ Modifica a formatação dos valores numéricos, apresentando as seguintes opções:

- Normal – Os números possuem expoente zero.
- Científico – Os números possuem expoente múltiplos de 3.
- Matemático – Os números possuem expoente livre.
- Casas decimais – Define o número desejado de casas decimais.

Zoom

Permite a ampliação de um trecho do gráfico. O usuário deverá selecionar esta opção clicando no botão na barra de tarefas. Depois marca-se a área que deseja ser ampliada utilizando o botão esquerdo do mouse. O zoom ficará ativo até que o usuário torne a clicar no botão para sair do modo zoom.

Para restaurar o gráfico utiliza-se o botão também encontrado na barra de tarefas.

Congelamento de Gráficos

Permite que gráficos sejam congelados para depois serem recapturados após a escolha de um novo arquivo de dados. Essa função é muito útil para comparações entre gráficos de casos diferentes. Para isto, o usuário deverá congelar o gráfico desejado clicando no botão na barra de tarefas. Assim que o novo arquivo for escolhido, o gráfico congelado poderá ser recapturado clicando no mesmo botão . É importante lembrar que o gráfico só será recapturado se não existir nenhum gráfico traçado na janela do programa.

Números com Múltiplos

Permite que sejam utilizados múltiplos em todos os campos da interface gráfica. A utilização destes recursos para a leitura dos dados em disco será implementada na próxima versão. Os múltiplos e suas nomenclaturas estão mostrados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Utilização dos múltiplos nos campos da interface gráfica

Nomeclatura	Múltiplo
p	1e-12
n	1e-9
u	1e-6
m	1e-3
K	1e3
M	1e6

Exportação de Dados

Neste item serão descritos os procedimentos de exportação de pontos de um gráfico traçado na tela para arquivos nos formatos Excel (*.csv), Matlab (*.m) e Plot CEPEL (*.plt).

Excel

Como visto no tópico "**Correntes de Penetração**", o usuário pode exportar os dados dos gráficos traçados para o programa Excel, onde poderá traçar novos gráficos, fazer tabelas, etc. Esta opção é encontrada no menu "**Opções**", no sub-menu "**Exportar**" e em **"Excel...",** como mostrada na Figura 4.5.

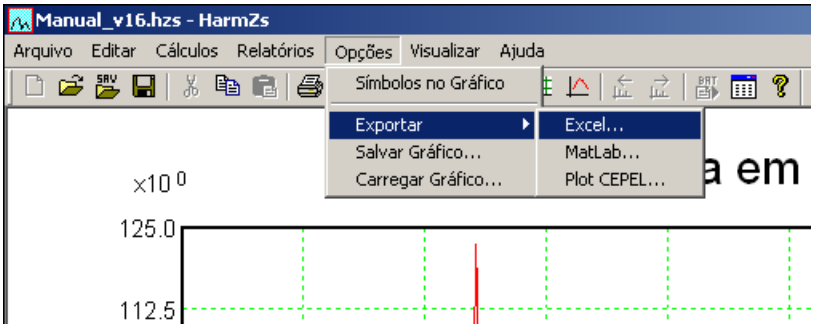


Figura 4.5: Procedimentos para exportar para o Excel

Após esse procedimento, abrirá a janela como mostrada na Figura 4.6 onde o usuário precisará configurar algumas opções para a correta exportação. O campo "**Nome do Arquivo**" deverá conter o caminho e o nome do arquivo de extensão "csv". Para isso o usuário pode pressionar o botão "**Procurar**" que será exibido o diálogo da Figura 4.7. Através dele, pode-se navegar pelas pastas do computador e escolher um local para salvar o arquivo com as exportações. Neste diálogo já é sugerido um nome padrão com a extensão "csv". Este nome padrão é igual ao nome do arquivo, contendo os dados da rede elétrica, carregado no HarmZs. Caso o usuário deseje poderá alterar este nome. É possível também que, ao invés de realizar o procedimento anteriormente descrito, o usuário passe manualmente o caminho com a pasta onde o arquivo será salvo e o nome para o arquivo, conforme mostrado na Figura 4.8. Deve-se observar que, neste caso, a pasta informada no caminho deve existir.

Em "**Formatação Numérica**" deve ser escolhido o *radio buttom* "**Ponto**" ou "**Virgula**" de acordo com a configuração regional do microcomputador. Essa configuração pode ser verificada em "**Painel de Controle**" e logo após em "**Opções Regionais**". O usuário deve informar também o número de casas decimais desejado no campo "**Casas Decimais**" (o valor padrão é 4) e se deseja que o Excel inicie-se automaticamente, deixando marcada a *checkbox* "**Abrir o Excel**". Se esta *checkbox* estiver desmarcada, a mensagem da Figura 4.9 será exibida e o usuário poderá abrir o arquivo, que será salvo com o nome dado no campo "**Nome do Arquivo**", na pasta onde o arquivo *.hzs foi carregado ou no caminho informado.

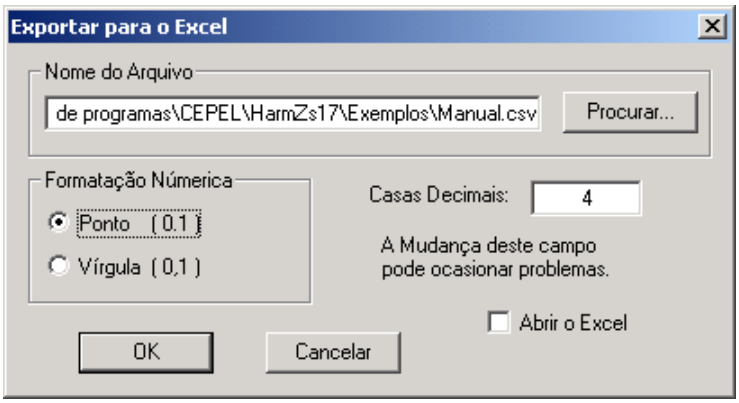


Figura 4.6: Diálogo para exportar para o Excel

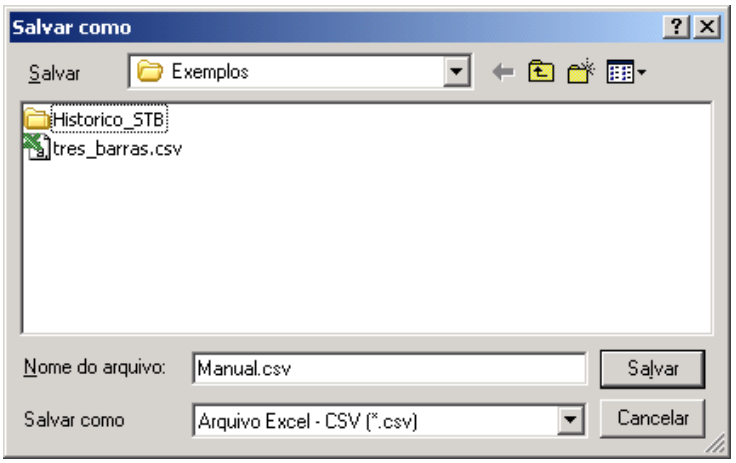


Figura 4.7: Diálogo para localizar a pasta onde será salvo o arquivo "csv"

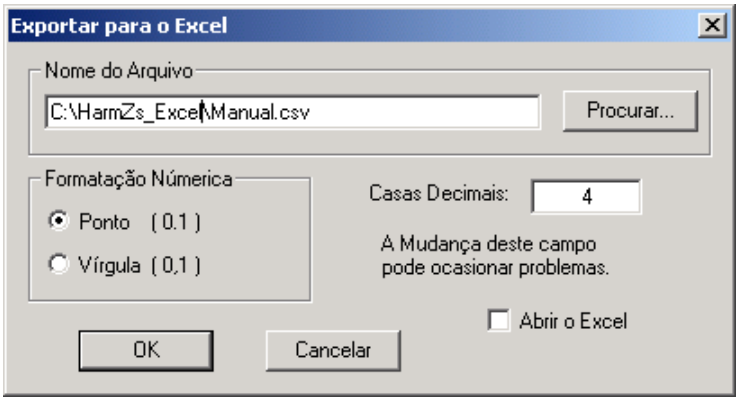


Figura 4.8: Diálogo para exportar para o Excel informando o caminho

Figura 4.9: Mensagem de exportação para o Excel concluída

Matlab

O usuário pode exportar os dados dos arquivos traçados para um arquivo de extensão "m". Após esta exportação este arquivo poderá ser carregado no ambiente Matlab, onde todos os recursos matemáticos e gráficos deste programa poderão se utilizados para trabalhar os dados contidos no arquivo. Esta opção é encontrada no menu "**Opções**", no sub-menu "**Exportar**" e em **"Matlab...",** como mostrada na Figura 4.10.

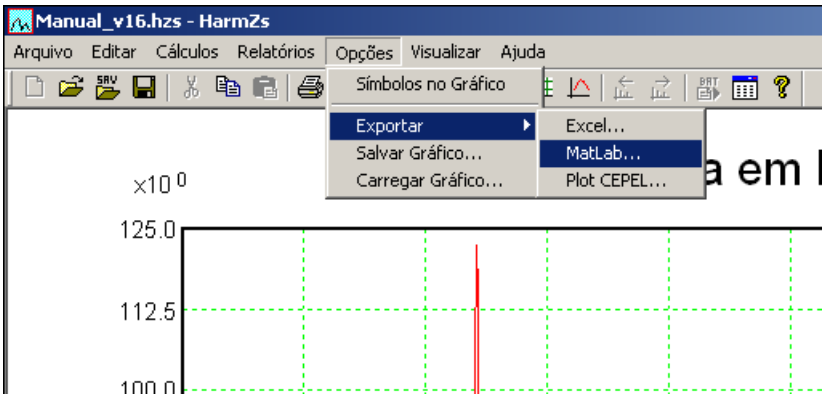


Figura 4.10: Procedimentos para exportar para o Matlab

Após esse procedimento, abrirá a janela como mostrada na Figura 4.11. No campo "**Nome do Arquivo**", já vem escrito o nome padrão para o arquivo de extensão "m". O nome padrão é igual ao nome do arquivo, contendo os dados da rede elétrica, carregado no HarmZs. Caso o usuário deseje, poderá alterar este nome, bem como o caminho com a pasta onde o arquivo será salvo, conforme mostrado na Figura 4.12. Deve-se observar que a pasta, informada no caminho, deve existir.

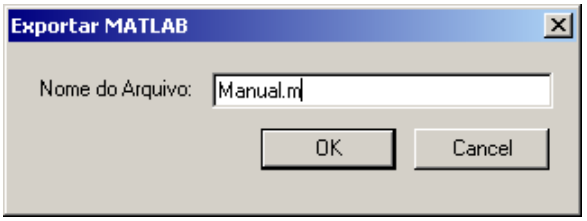


Figura 4.11: Diálogo para exportar para o Matlab

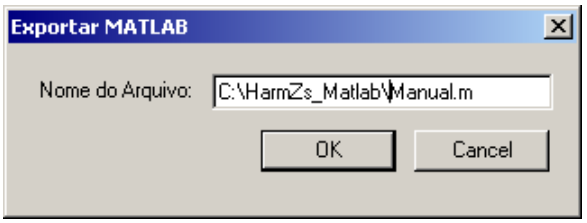


Figura 4.12: Diálogo para exportar para o Matlab informando o caminho

Finalmente, a mensagem da Figura 4.12 será exibida e o usuário poderá abrir o arquivo, que será salvo com o nome dado no campo "**Nome do Arquivo**", na pasta onde o arquivo *.hzs foi carregado ou no caminho informado.

Figura 4.13: Mensagem de exportação para o Matlab concluída

Plot CEPEL

Caso o usuário esteja usando a saída gráfica Built-In, como mostrada na Figura 3.2, ainda assim poderá exportar os gráficos para o programa Plot CEPEL. Esta opção é encontrada no menu "**Opções**", no sub-menu **"Exportar"** e depois em "**Plot Cepel...**", como mostrada na Figura 4.14.

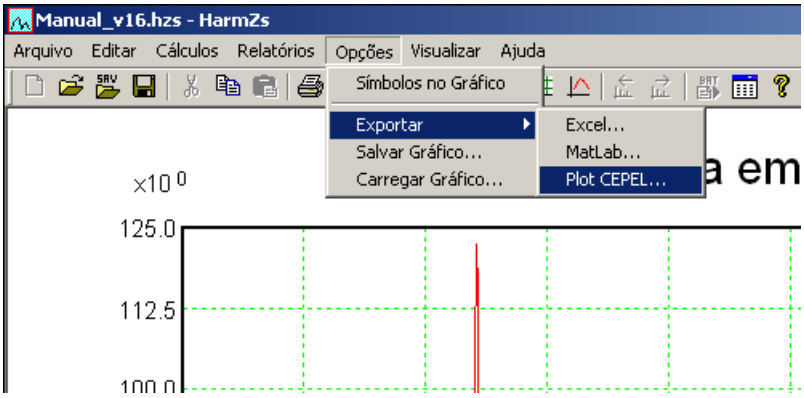


Figura 4.14: Exportação para o Plot Cepel

Após esse procedimento, abrirá a janela como mostrada na Figura 4.15. No campo "Nome do Arquivo", já vem escrito o nome padrão para o arquivo de extensão "plt". O nome padrão é igual ao nome do arquivo, contendo os dados da rede elétrica, carregado no HarmZs. Caso o usuário deseje poderá alterar este nome, bem como o caminho com a pasta onde o arquivo será salvo, conforme mostrado na Figura 4.16. Deve-se observar que a pasta, informada no caminho, deve existir. O usuário deve informar também se deseja que o programa Plot CEPEL inicie-se automaticamente, deixando marcada a *checkbox* "**Abrir o Plot CEPEL**". Se esta *checkbox* estiver desmarcada, a mensagem da Figura 4.17 será exibida e o usuário poderá abrir o arquivo, que será salvo com o nome dado no campo "**Nome do Arquivo**", na pasta de onde o arquivo *.hzs foi carregado ou no caminho informado.

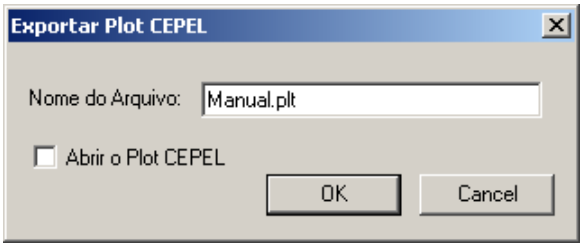


Figura 4.15: Diálogo de exportação para o Plot CEPEL

Figura 4.16: Diálogo de exportação para o Plot CEPEL informando o caminho

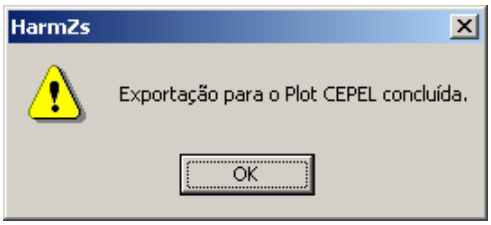


Figura 4.17: Mensagem de exportação para o Plot CEPEL concluída

Na Figura 4.18 pode ser visualisado um exemplo dessa exportação.

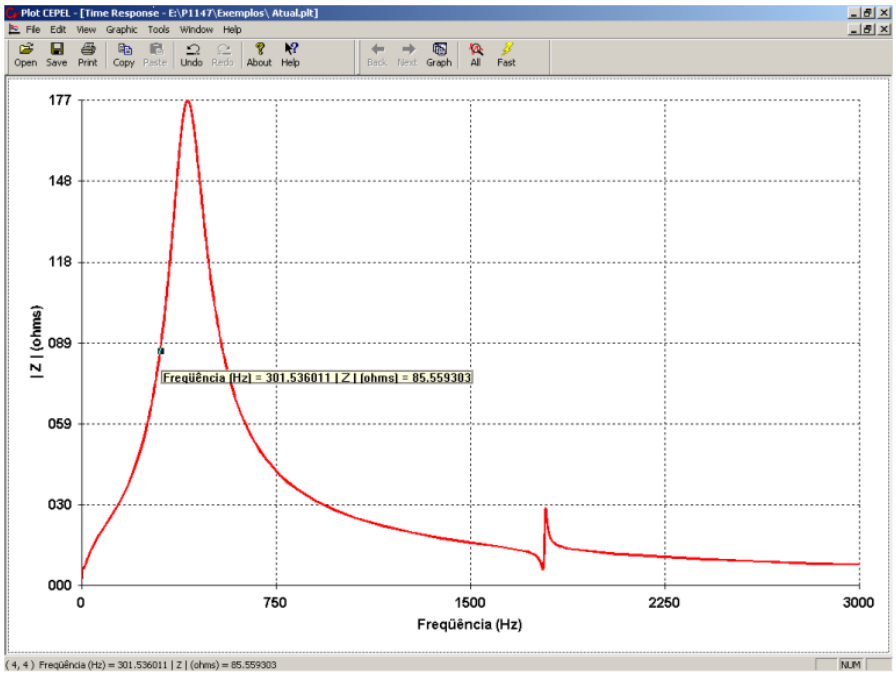


Figura 4.18: Gráfico gerado no Plot CEPEL

Menu para Salvar e Carregar Gráficos

O usuário pode salvar os dados dos traçados gráficos realizados em um arquivo *.grf, próprio para o HarmZs, para que estes traçados sejam carregados no futuro.

Para salvar os traçados, deve-se acessar o menu "**Opções**" e em seguida o submenu "**Salvar Gráfico**" como apresentado na Figura 4.19. Em seguida o diálogo da Figura 4.20 será apresentado para que o usuário escolha o caminho e o nome do arquivo *.grf.

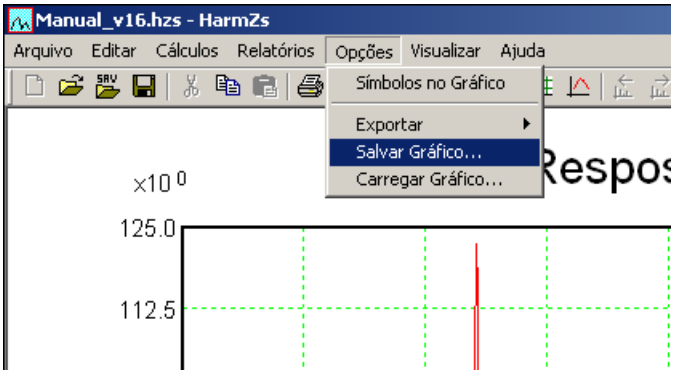


Figura 4.19: Menu para salvar traçados gráficos.

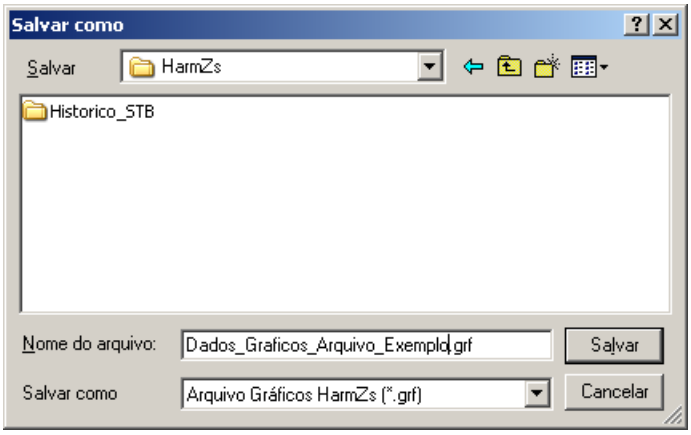


Figura 4.20: Escolha do caminho e nome do arquivo para salvar traçados gráficos.

Para carregar o arquivo salvo em disco, basta acessar o menu "**Opções**" e seguida o sebmenu "**Carregar Gráfico**", como apresentado na Figura 4.21 que o diálogo da Figura 4.22 será apresentado.

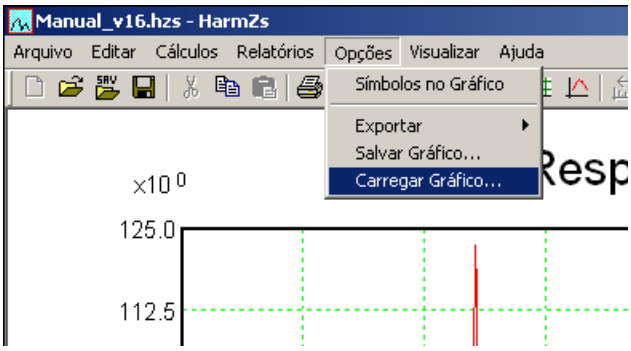


Figura 4.21: Menu para carregar traçados gráficos.

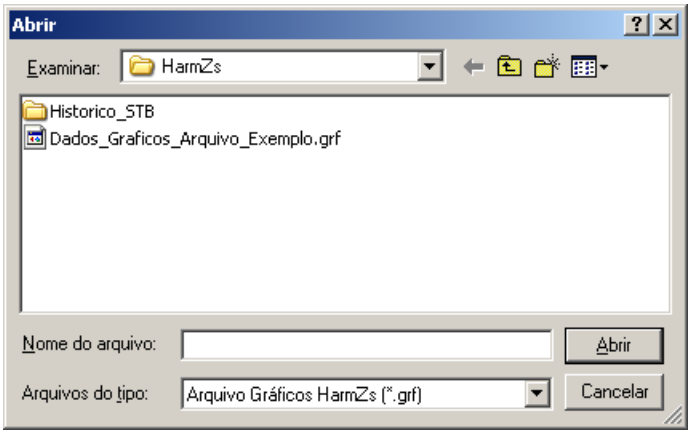
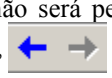


Figura 4.22: Escolha do caminho e nome do arquivo para carregar traçados gráficos.

Se existir algum traçado gráfico na tela do programa, o traçado que será carregado ficará sobreposto ao já existente. Caso o usuário queira carregar algum gráfico salvo na tela limpa, basta clicar no botão que a área gráfica será limpa. Vale observar que o traçado existente anteriormente à limpeza da área gráfica não será perdido e pode ser visualizado novamente acessando o botão "**Voltar**"  da barra de tarefas.

Outras Opções

No menu "**Opções**" encontra-se a opção "**Símbolos no Gráfico**" que torna possível visualizar todos os pontos calculados, como pode ser observado na Figura 4.23.

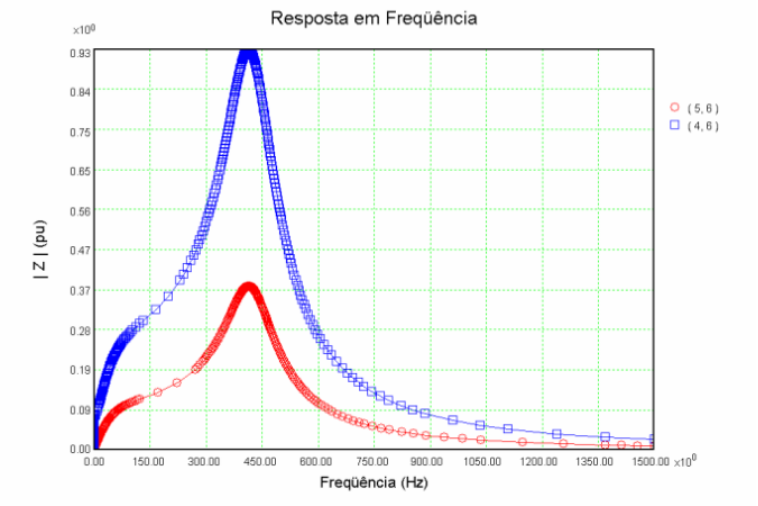


Figura 4.23: Visualização de pontos calculados

No menu "**Ajuda**", conforme mostrado na Figura 4.24, podem ser encontradas informações sobre o programa HarmZs, bem como o manual do usuário, que está disponível como documento online (HTML) ou em arquivo em formato *pdf*. Em "**Sobre HarmZs...**" estão contidas informações como versão do programa, número de compilação, homepage etc. Estas informações, conforme mostradas na Figura 4.25, são importantes para quando o usuário precisar entrar em contato com o Cepel.

Figura 4.24: Menu de ajuda

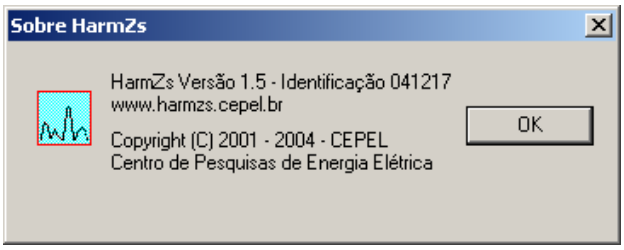


Figura 4.25: Informações sobre o programa HarmZs

Em "**Verificar nova versão...**" pode ser verificada a existência de novas versões do programa HarmZs. Esta verificação pode ser feita clicando no botão "**Verificar**". Na janela "**Novidades**" surgirão informações a respeito da existência ou não de atualizações. No caso de haver uma nova versão, serão detalhadas as novidades e/ou as correções que foram realizadas. No caso de não haver atualizações o aviso "**Sua versão está atualizada.**" será exibido. Esse diálogo de verificação da versão está mostrado na Figura 4.26 .

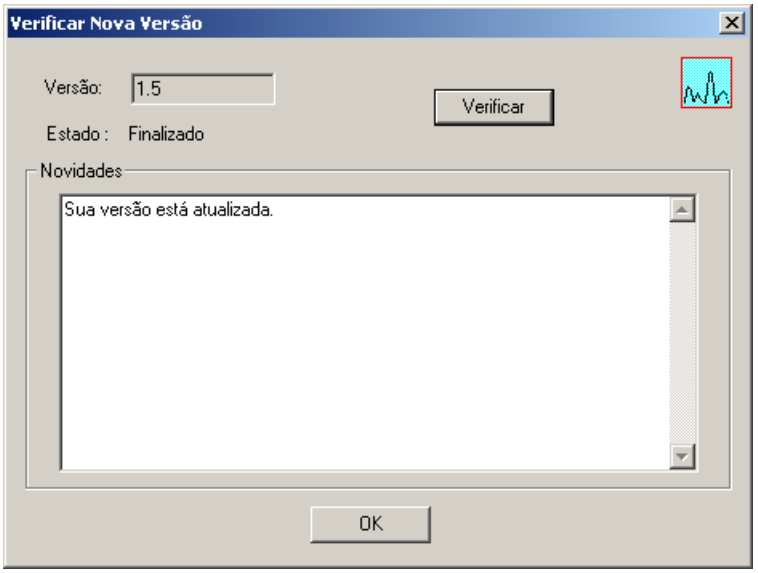


Figura 4.26: Verificar nova versão do programa HarmZs

A qualquer momento o usuário poderá fazer uma consulta rápida do manual usando o teclado. Basta apertar a tecla de atalho "**F1**" e o manual online (HTML) será exibido para consultas. A Figura 4.27 exibe uma tela desse manual.

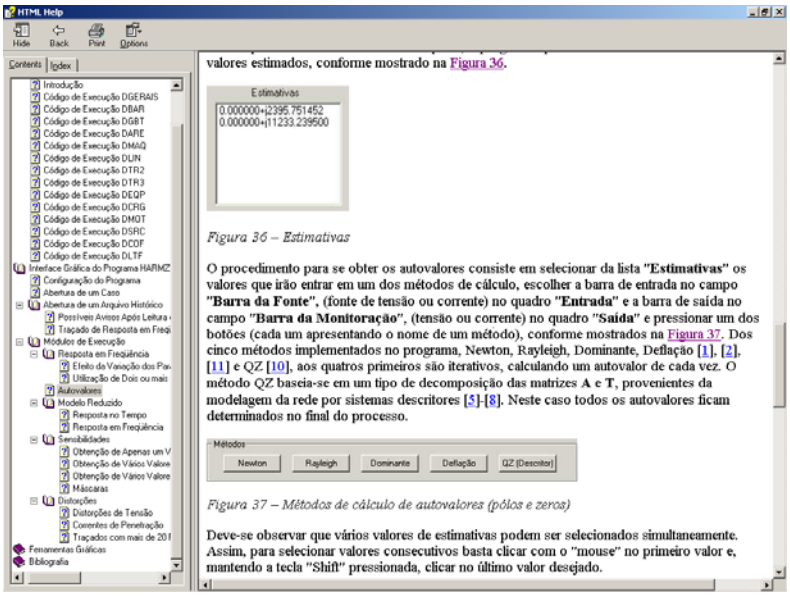

HTML Help
Hide
Back
Print
Options
Contents
Index
valores estimados, conforme mostrado na Figura 36.
Estimativas
0.000000+j2395.751452
0.000000+j11233.239500
Figura 36 – Estimativas
O procedimento para se obter os autovalores consiste em selecionar da lista "Estimativas" os valores que irão entrar em um dos métodos de cálculo, escolher a barra de entrada no campo "Barra da Fonte", (fonte de tensão ou corrente) no quadro "Entrada" e a barra de saída no campo "Barra da Monitoração", (tensão ou corrente) no quadro "Saída" e pressionar um dos botões (cada um apresentando o nome de um método), conforme mostrados na Figura 37. Dos cinco métodos implementados no programa, Newton, Rayleigh, Dominante, Deflação [1], [2], [11] e QZ [10], aos quatros primeiros são iterativos, calculando um autovalor de cada vez. O método QZ baseia-se em um tipo de decomposição das matrizes A e T, provenientes da modelagem da rede por sistemas descritores [5]-[8]. Neste caso todos os autovalores ficam determinados no final do processo.
Métodos
Newton
Rayleigh
Dominante
Deflação
QZ (Descritor)
Figura 37 – Métodos de cálculo de autovalores (pólos e zeros)
Deve-se observar que vários valores de estimativas podem ser selecionados simultaneamente. Assim, para selecionar valores consecutivos basta clicar com o "mouse" no primeiro valor e, mantendo a tecla "Shift" pressionada, clicar no último valor desejado.

Figura 4.27: Manual online

Na Figura 4.28 está mostrada uma tela do manual que está no formato *pdf*. Para abrir esse arquivo o usuário deverá ter instalado o programa Adobe Acrobat.

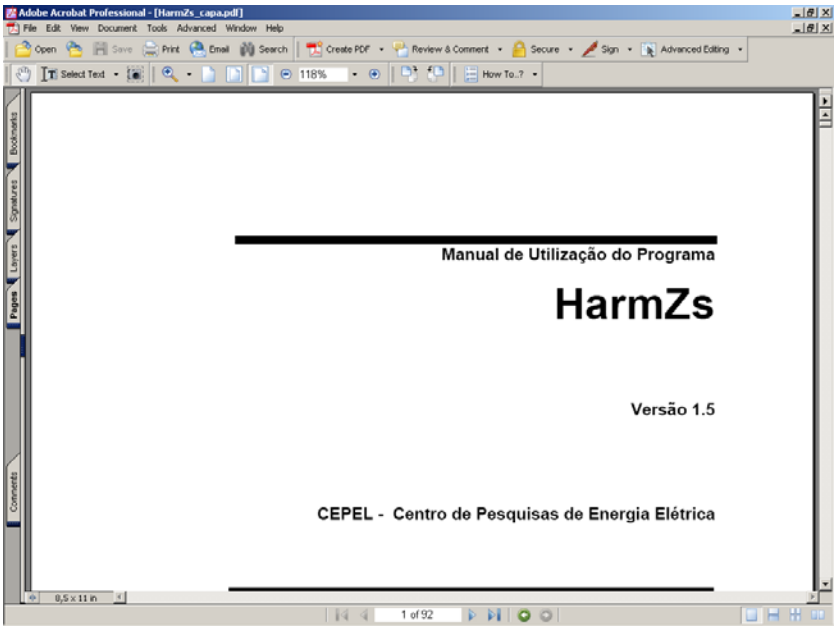

Adobe Acrobat Professional - [HarmZs_capa.pdf]
File Edit View Document Tools Advanced Window Help
Manual de Utilização do Programa
HarmZs
Versão 1.5
CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
1 of 92

Figura 4.28: Manual em formato pdf

5. Ferramenta Avançada Batch

Introdução

O programa HarmZs tem a opção de entrada de arquivos do tipo “batch” [14]. Esta ferramenta simula a interação entre o usuário e a interface gráfica do programa, automatizando completamente a geração de uma grande quantidade de resultados que são apresentados em forma de gráficos e tabelas (resposta em freqüência, distorções harmônicas, correntes de penetração harmônicas, etc.). Desta forma, a maior parte do tempo do usuário pode ser empregada na análise dos resultados de interesse e não na produção dos mesmos, aumentando a qualidade e a confiabilidade dos estudos e diminuindo o tempo necessário para realizá-los.

Para a utilização desta ferramenta computacional, o usuário necessita apenas escrever um arquivo texto contendo os diversos comandos e diretivas (códigos de execução) disponíveis que serão interpretados e executados pelo programa HarmZs, para a geração dos resultados desejados. Como exemplo, estes comandos podem ser utilizados para: realização de diversos tipos de cálculo, abertura de arquivos de dados, exportação de arquivos de saída, modificações topológicas da rede elétrica (representação de contingências), traçado de gráficos de resposta em freqüência, de distorções harmônicas, de correntes de penetração, etc. Estes códigos de execução são popularmente conhecidos como “cartões”.

Assim como nos arquivos do tipo *.hzs, a formatação destes cartões dos arquivos “batch” é livre, ou seja, não existem posições predeterminadas para os dados. Desta forma, são utilizados como delimitadores espaços em branco ou tabulações. Assim, eventuais valores nulos precisam ser explicitados.

O programa permite que linhas sejam comentadas, para isto deve-se colocar no seu início um dos seguintes caracteres: % ou (.

Para uma maior facilidade de entendimento da utilização da ferramenta “batch”, toda a apresentação dos códigos de execução é feita baseada em três arquivos-exemplo, apresentados na Listagem 5.1, na Listagem 5.2 e na Listagem 5.3.

Listagem 5.1: Arquivo do tipo "batch" - exemplo para traçado de gráficos.

```
% Arquivo exemplo para execução do modo "batch" – Listagem 1
%
% carregando o arquivo Manual.hzs
ABRIR "C:\Arquivos de programas\CEPEL\HarmZs19\Exemplos\Manual_v16.hzs"
%
% traçado de distorções
PLOT_DIST F   M    3
%
% para traçar a próxima curva no mesmo gráfico da linha anterior
MESMO
PLOT_DIST F   M    4
%
NOVO
% a próxima curva vai ser traçada em um novo gráfico
PLOT_DIST F   A    4
%
% para traçar a curva de CORR num gráfico novo
NOVO
PLOT_CORR  M   LIN  3   4  1  T1
%
% traçado de resposta em freqüência - Re(Z) x W
PLOT_RESP C   T    AS  0.0    1500    1    5   4
%
MESMO
% traçado de resposta em freqüência - Im(Z) x W
PLOT_RESP C   T    IS  0.0    1600    2    5   3
%
% traçado de resposta em freqüência -  Ang(Z) x W
PLOT_RESP C   T    AS  0.0    1600    2    4   6
%
EXCEL "C:\Arquivos de programas\CEPEL\HarmZs19\Exemplos\Manual_v16.csv"
%
NOVO
% carregando o arquivo Manual_v16_Batch_2.hzs
ABRIR "C:\Arquivos de
programas\CEPEL\HarmZs19\Exemplos\Manual_v16_Batch_2.hzs"
%
% traçado de resposta em freqüência - Re(Z) x W
PLOT_RESP C   T    ZS  0.0    1000    1    3   4
%
EXCEL "C:\Arquivos de programas\CEPEL\HarmZs19\Exemplos\Manual_v16_2.csv"
%FIM
```

Listagem 5.2: Arquivo do tipo "batch" - exemplo para exportação de dados.

```
% Arquivo exemplo para execução do modo "batch" – Listagem 2
%
% carregando o arquivo Manual_v16.hzs
ABRIR "C:\Arquivos de programas\CEPEL\HarmZs16\Exemplos\Manual_v16.hzs"
%
% exportação de impedâncias
%
% Primeiro conjunto de dados
%diretiva        caminho e o nome do arquivo *.out
EX_IMP "C:\CEPEL\Saida_Imp_1.out"
%
% Segundo conjunto de dados
%   freq   tipo   injeção       monitoração
     300    B        2           6 5 4 3 1
     660    G        2           3
     900    A        2           1
%
     300    B        6           6 2 3 5 4
     1260   G        6           1
%
%
% exportação de distorções
%
% Primeiro conjunto de dados
%diretiva        caminho e o nome do arquivo *.out
EX_DIST "C:\CEPEL\Saida_Dist_1.out"
%
% Segundo conjunto de dados
%  Metodo   Tipo    No.Identificação
      F      B            1   2
      F      G            2
      F      A            2
%
%
% carregando o arquivo Manual_v16_Batch_2.hzs
ABRIR "C:\Arquivos de programas\CEPEL\HarmZs16\Exemplos\Manual_v16_Batch
_2.hzs"
%
EX_IMP "C:\CEPEL\Saida_Imp_2.out"
     300    B        2           6 5 3 1
     660    G        2           3
     900    A        2           1
%
     300    B        6           6 2 3 5 4
     1260   G        6           1
     1260   G        6           2
%
EX_DIST "C:\CEPEL\Saida_Dist_2.out"
      F      G            1
      F      B            3
      F      B            4
      F      A            2
%
%
% carregando o arquivo Manual_v16_Batch_3.hzs
ABRIR "C:\Arquivos de programas\CEPEL\HarmZs16\Exemplos\Manual_v16_Batch
_3.hzs"
%
EX_IMP "C:\CEPEL\Saida_Imp_3.out"
     300    B        2           6 4 3 1
     660    G        2           3
     900    A        2           1
%
     300    B        6           6 5 2 3 4
     780    A        6           1
     1020   A        6           2
     1260   G        6           1
%
EX_DIST "C:\CEPEL\Saida_Dist_3.out"
      F      B            1
      F      B            2
      F      G            2
      F      A            2
%
FIM
```

Listagem 5.3: Arquivo do tipo "batch" - exemplo para edição de dados de redes.

```
% Arquivo exemplo para execução do modo "batch" - Listagem 3
%
% carregando o arquivo Manual.hzs
ABRIR "C:\Arquivos de programas\CEPEL\HarmZs16\Exemplos\Manual_v16.hzs"
%
% edição de dado de linha (adição)
DLIN A
   3    4   2    1    0.833   2.19   0.093200    9   0
%
% edição de dado de máquina (modificação)
DMAQ M
    1    1   0.02  0.2  100
%
% edição de dado de transformador de 2 enrolamentos (modificação)
DTR2 M
   4   230.0   0.0     6    13.8    -30.0    0.0   0.1   600.0    1    1
%
% edição de dado de carga (eliminação)
DCRG E
    4     1    1     35.2    24.5    p
%
% edição de dado de equipamento (adição)
DEQP A
   4    0    2    1    1502.8    2159.18   0.00    p
%
% edição de dado de motor de indução (adição)
DMOT A
   5    1   1   0.03   0.05   3   0.01   0.02   0.012   4    0.8
%
FIM
```

A Listagem 5.1 é utilizada para exemplificar a ferramenta "batch" para traçados de gráficos de resposta em freqüência, distorção de tensão e correntes de penetração.

A Listagem 5.2 é utilizada como exemplo de diretivas de exportação de arquivos *.out com os resultados de cálculos de impedâncias própria, de transferência e de distorções de tensão. Para esta listagem cabem algumas observações: a primeira rede elétrica nela referenciada (arquivo Manual_v16.hzs) é o sistema exemplo de 6 barras mostrado na Figura 2.1 que, para facilidade de visualização, é repetido na Figura 5.1. As demais redes elétricas referenciadas estão mostradas na Figura 5.2 (arquivo Manual_v16_Batch_2.hzs) e na Figura 5.3 (arquivo Manual_v16_Batch_3.hzs). Estas duas últimas redes são variações da rede mostrada na Figura 5.1 (rede base). Como pode ser observado, a diferença entre a rede da Figura 5.2 e a rede do caso base (Figura 5.1) é a introdução de uma segunda linha de transmissão conectando as barras 3 e 4. No caso da rede da Figura 5.3, a diferença em relação a rede base é a melhoria do modelo da linha que conecta as barras 3 e 4, pela consideração de sua capacitância. Embora na Figura 5.3 seja mostrado apenas um circuito pi na representação desta linha de transmissão, nas simulações realizadas utilizou-se quatro circuitos pi.

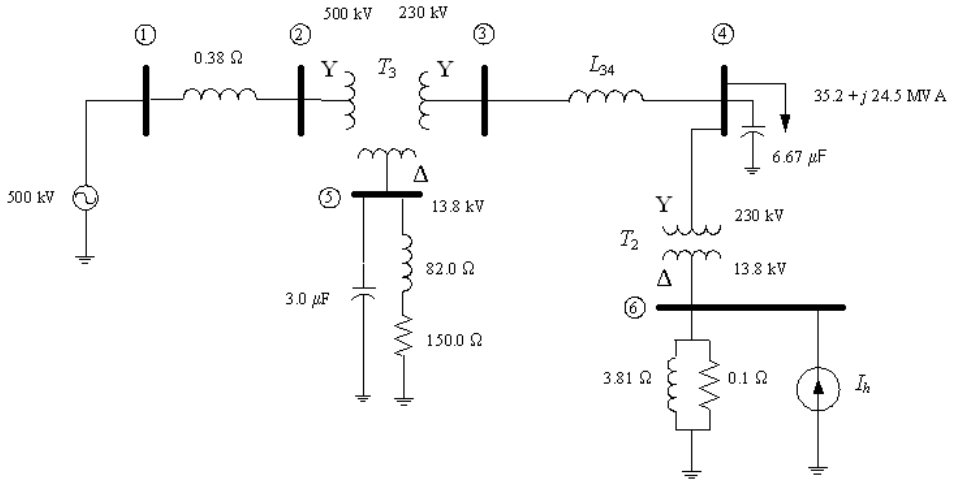


Figura 5.1: Sistema exemplo de 6 barras (caso base) – arquivo Manual_v16.hzs.

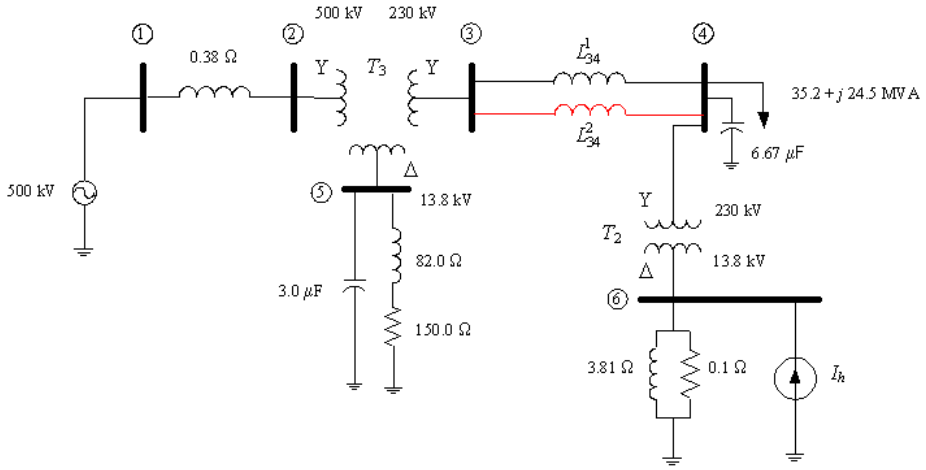


Figura 5.2: Sistema descrito no arquivo Manual_v16_Batch_2.hzs (linha duplicada).

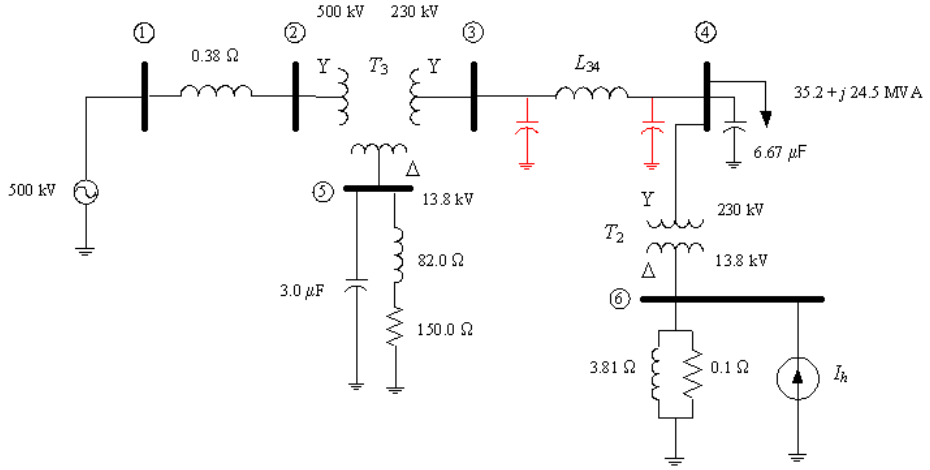


Figura 5.3: Sistema descrito no arquivo Manual_v16_Batch_3.hzs (consideração da capacitância transversal).

Finalmente, a Listagem 5.3 é utilizada como exemplo de diretivas de edição de dados de rede (modifcação ou eliminação de elementos já existentes, e adição de um novo elemento).

Os arquivos de rede *.hzs anteriormente citados estão apresentados na Listagem 5.4, Listagem 5.5 e Listagem 5.6.

Listagem 5.4: Arquivo de rede Manual_v16.hzs.

```
#VERSAO 1.6
DGERAIS
  FREQUENCIA     60.0
  SBASE         750.0
  DADOS         Unidades
  INTERFACE     Unidades
  METODOLOGIA   YS
  TITULO        Arquivo Manual original
  IDBARRA       NUMERO
FIM
DGBT
   1   500.0
   2   230.0
   3    13.8
FIM
DARE
   1   "Alta_Tensao"
   2   "Baixa_Tensao"
FIM
DBAR
   1         "Bar 1"    500.0    0.0    1    1
   2         "Bar 2"    500.0    0.0    1    1
   3         "Bar 3"    230.0    0.0    2    1
   4         "Bar 4"    230.0    0.0    2    1
   5         "Bar 5"     13.8    0.0    3    2
   6         "Bar 6"     13.8    0.0    3    2
FIM
DLIN
   3    4   1   1   0.833    2.19    0.0   9.0   4
FIM
DTR2
   4  230.0   0.0   6   13.8   -30.0   0.0   0.10   500.0   1   1
FIM
DTR3
   2  0.0  0.15  500.0  0.0   3  0.0  0.20  230.0  0.0   5  0.0  0.40
13.8  -30.0  750.0  1  1
FIM
DCRG
   4   1  1   35.2   24.5   p
FIM
DEQP
   1    2    1    1     0.0     0.38    0.00   s
   4    0    1    1     0.0     0.00    6.67   s
   5    0    1    1     0.0     0.00    3.00   s
   5    0    2    1   150.0    82.00    0.00   s
   6    0    1    1     0.1     3.81    0.00   p
FIM
DMAQ
   1   1
FIM
 DSRC
   6   I   1    1
   180.0      3.157     0.0
   300.0     40.730     0.0
   420.0     22.565     0.0
   540.0      0.737     0.0
   660.0     11.514     0.0
   780.0      8.083     0.0
   900.0      0.779     0.0
  1020.0      2.568     0.0
  1140.0      4.084     0.0
  1260.0      0.568     0.0
  1380.0      2.589     0.0
  1500.0      2.231     0.0
FIMP
FIM
```

Listagem 5.5: Arquivo de rede Manual_v16_Batch_2.hzs.

```
#VERSAO 1.6
DGERAIS
  FREQUENCIA     60.0
  SBASE         750.0
  DADOS         Unidades
  INTERFACE     Unidades
  METODOLOGIA   YS
  TITULO      Arquivo Manual com linha de circuito duplo da barra 3 para
a barra 4
  IDBARRA       NUMERO
FIM
DGBT
   1   500.0
   2   230.0
   3    13.8
FIM
DARE
   1   "Alta_Tensao"
   2   "Baixa_Tensao"
FIM
DBAR
   1         "Bar 1"    500.0    0.0    1    1
   2         "Bar 2"    500.0    0.0    1    1
   3         "Bar 3"    230.0    0.0    2    1
   4         "Bar 4"    230.0    0.0    2    1
   5         "Bar 5"     13.8    0.0    3    2
   6         "Bar 6"     13.8    0.0    3    2
FIM
DLIN
   3    4   1   1   0.833    2.19    0.0   9.0   4
   3    4   2   1   0.833    2.19    0.0   9.0   4
FIM
DTR2
   4  230.0   0.0   6   13.8   -30.0   0.0   0.10   500.0   1   1
FIM
DTR3
   2  0.0  0.15  500.0  0.0   3  0.0  0.20  230.0  0.0   5  0.0  0.40
13.8  -30.0  750.0  1  1
FIM
DCRG
   4   1  1   35.2   24.5   p
FIM
DEQP
   1    2    1    1     0.0     0.38    0.00   s
   4    0    1    1     0.0     0.00    6.67   s
   5    0    1    1     0.0     0.00    3.00   s
   5    0    2    1   150.0    82.00    0.00   s
   6    0    1    1     0.1     3.81    0.00   p
FIM
DMAQ
   1   1
FIM
DSRC
   6   I   1    1
   180.0      3.157     0.0
   300.0     40.730     0.0
   420.0     22.565     0.0
   540.0      0.737     0.0
   660.0     11.514     0.0
   780.0      8.083     0.0
   900.0      0.779     0.0
  1020.0      2.568     0.0
  1140.0      4.084     0.0
  1260.0      0.568     0.0
  1380.0      2.589     0.0
  1500.0      2.231     0.0
FIMP
FIM
```

Listagem 5.6: Arquivo de rede Manual_v16_Batch_3.hzs.

```
#VERSAO 1.6
DGERAIS
  FREQUENCIA     60.0
  SBASE         750.0
  DADOS         Unidades
  INTERFACE     Unidades
  METODOLOGIA   YS
  TITULO        Arquivo Manual com linha da barra 3 para a barra 4
representada com capacitância transversal
  IDBARRA       NUMERO
FIM
DGBT
   1   500.0
   2   230.0
   3    13.8
FIM
DARE
   1   "Alta_Tensao"
   2   "Baixa_Tensao"
FIM
DBAR
   1         "Bar 1"    500.0    0.0    1    1
   2         "Bar 2"    500.0    0.0    1    1
   3         "Bar 3"    230.0    0.0    2    1
   4         "Bar 4"    230.0    0.0    2    1
   5         "Bar 5"     13.8    0.0    3    2
   6         "Bar 6"     13.8    0.0    3    2
FIM
DLIN
   3    4   1   1   0.833    2.19    2.5   9.00  4
FIM
DTR2
   4  230.0   0.0   6   13.8   -30.0   0.0   0.10   500.0   1   1
FIM
DTR3
   2  0.0  0.15  500.0  0.0   3  0.0  0.20  230.0  0.0   5  0.0  0.40
13.8  -30.0  750.0  1  1
FIM
DCRG
   4   1  1   35.2   24.5   p
FIM
DEQP
   1    2    1    1     0.0     0.38    0.00   s
   4    0    1    1     0.0     0.00    6.67   s
   5    0    1    1     0.0     0.00    3.00   s
   5    0    2    1   150.0    82.00    0.00   s
   6    0    1    1     0.1     3.81    0.00   p
FIM
DMAQ
   1   1
FIM
DSRC
   6   I   1    1
   180.0      3.157     0.0
   300.0     40.730     0.0
   420.0     22.565     0.0
   540.0      0.737     0.0
   660.0     11.514     0.0
   780.0      8.083     0.0
   900.0      0.779     0.0
  1020.0      2.568     0.0
  1140.0      4.084     0.0
  1260.0      0.568     0.0
  1380.0      2.589     0.0
  1500.0      2.231     0.0
FIMP
FIM
```

Códigos de Controle de Execução Batch

Codigo Batch NOVO

Esse controle é equivalente aos botões "**Novo Traçado**" encontrados na interface gráfica do programa HarmZs (ver Figura 3.98 e Figura 3.139). Tem validade somente com as diretivas de traçado de gráficos PLOT_RESP, PLOT_DIST e PLOT_CORR, que serão apresentados nesta seção.

Parâmetro	Descrição	Valor Possível
Diretiva NOVO	Diretiva indicando que as próximas curvas serão traçadas em um novo gráfico.	Somente NOVO.

Código Batch MESMO

Esse controle é equivalente aos botões "**Mesmo Traçado**" encontrados na interface gráfica do programa HarmZs (ver Figura 3.98 e Figura 3.139), fazendo com que o gráfico traçado anteriormente seja mantido e a nova curva seja traçada sobre ele. Vale ressaltar que o título do gráfico e dos eixos estão relacionados com a última curva traçada, exatamente como na interface. Assim, como no controle NOVO, o controle MESMO tem validade somente com as diretivas de traçado de gráficos PLOT_RESP, PLOT_DIST e PLOT_CORR, que serão apresentados nesta seção.

Parâmetro	Descrição	Valor Possível
Diretiva MESMO	Diretiva indicando que a próxima curva será traçada no mesmo gráfico da anterior.	Somente MESMO.

Código Batch PLOT_RESP

Esse controle é utilizado para o traçado de respostas em freqüência utilizando arquivos em modo "batch". Devem ser preenchidos os seguintes campos como está mostrado na tabela abaixo.

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Diretiva PLOT_RESP	Diretiva indicando que o traçado a ser realizado será de resposta em freqüência.	Somente PLOT_RESP.
Tipo de Entrada	Define o tipo de entrada.	T – para tomar como entrada uma aplicação de tensão na barra a ser escolhida. C – para tomar como entrada uma injeção de corrente na barra a ser escolhida.
Tipo de Saída	Define o tipo de saída.	T – para tomar como saída o monitoramento de tensão na barra a ser escolhida. C – para tomar como saída o monitorameno de corrente na barra a ser escolhida.
Tipo de Curva	Define o tipo de curva a ser traçada.	ZS ou ZW- traçado do módulo da impedância *Z* (Ohms ou pu) em função da freqüência (para entrada como C e saída como T). GS ou GW-traçado do módulo da função de transferência *G* (adimensional) em função da freqüência (para entrada como T e saída como T ou entrada como C e saída como C). YS ou YW-traçado do módulo da admitância *Y* (mhos ou pu) em função da freqüência (para entrada como T e saída como C). RI- traçado da parte real em função da parte imaginária de *Z*, *G* ou *Y*. RS ou RW- traçado da parte real de *Z*, *G* ou *Y* em função da

		freqüência. IS ou IW- traçado da parte imaginária de *Z*, *G* ou *Y* em função da freqüência. AS ou AW- traçado do ângulo de *Z*, *G* ou *Y* em função da freqüência. AC- traçado continuado do ângulo de *Z*, *G* ou *Y* em função da freqüência.
Freqüencia Mínima	Freqüência mínima do intervalo de freqüência de interesse, em Hz.	Qualquer valor real positivo ou zero.
Freqüencia Máxima	Freqüência máxima do intervalo de freqüência de interesse, em Hz.	Qualquer valor real positivo, desde que seja maior ou igual a soma da freqüência mínima com o incremento de freqüência.
Incremento de freqüência	Incremento de freqüência, em Hz.	Qualquer valor real positivo.
Barra da Fonte	Define a barra de entrada onde será injetada uma corrente ou aplicada uma tensão.	No caso de se escolher injeção de corrente, são permitidas apenas as barras do sistema que não são barras infinitas (fontes ideais de tensão). Ou seja, só é permitido injetar corrente em barras onde não existam fontes ideais de tensão. No caso de se escolher aplicação de tensão só são permitidas barras do sistema onde existam fonte de tensão (máquinas ou barras infinitas).
Barra de Monitoração	Define a barra de saída onde será monitorada tensão ou corrente.	No caso de se escolher monitorar tensão são permitidas todas as barras do sistema. No caso de se escolher monitorar corrente são permitidas apenas as barras onde existam fontes de tensão.

Como exemplo do traçado de resposta em freqüência do módulo de *Z* em uma faixa variando de 0 a 1500 Hz, com passo de 1 Hz e cujas barras de entrada e saída escolhidas são respectivamente 5 e 3, tem-se:

```
%Diretiva  Inj Mon  Tipo  Min(Hz)  Max(Hz) Passo  De Para
PLOT_RESP   C   T    ZS     0.0     1500     1     5   3
```

Código Batch PLOT_DIST

Este controle é utilizado para o traçado das distorções harmônicas individuais de tensão por meio de arquivos em modo "batch". Também é possível o traçado dos ângulos das tensões harmônicas se o tipo de cálculo for fasorial (ver sub-item "**Distorções**"). Os campos a serem preenchidos nesse controle estão descritos na tabela abaixo.

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Diretiva PLOT_DIST	Diretiva indicando que o traçado a ser realizado será de distorções.	Somente PLOT_DIST.
Tipo de Cálculo	Permite ao usuário escolher se as distorções serão calculadas como soma fasorial, linear ou quadrática.	F – para cálculo fasorial. L – para cálculo linear. Q – para cálculo quadrático.
Tipo de Gráfico	Permite ao usuário escolher entre o traçado do módulo ou dos ângulos das tensões harmônicas.	M – para o cálculo do módulo das tensões harmônicas (distorções). A – para o traçado dos ângulos das tensões harmônicas.
Número da barra	Barra escolhida para o cálculo das distorções harmônicas.	Qualquer barra que esteja especificada no código DBAR do arquivo de dados de rede (arquivo hzs).

Como exemplo do traçado do módulo das tensões harmônicas (distorções) da barra 4, utilizando o cálculo fasorial, tem-se:

```
%Diretiva  Cálculo  Tipo  Barra
PLOT_DIST     F      M     4
```

Código Batch PLOT_CORR

Esse controle é utilizado para o traçado dos módulos e dos ângulos das correntes de penetração por meio de arquivos em modo “batch”. Os campos a serem preenchidos nesse controle estão descritos na tabela abaixo.

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Diretiva PLOT_CORR	Diretiva indicando que o traçado a ser realizado será de correntes de penetração.	Somente PLOT_CORR.
Tipo de Gráfico	Permite ao usuário escolher entre o traçado do módulo ou dos ângulos das correntes harmônicas.	M – para o cálculo dos módulos das correntes harmônicas. A – para o traçado dos ângulos das correntes harmônicas.
Tipo do Elemento	Escolha do componente de interesse do sistema.	LIN = Linhas CRG = Cargas EQP = Equipamentos MAQ = Máquinas MOT = Motores TR2 = Transformadores de 2 enrolamentos TR3 = Transformadores de 3 enrolamentos
Barra Terminal 1	Número da barra onde o primeiro terminal do elemento (considerado como seu início) está conectado, este valor não pode ser zero.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR.
Barra Terminal 2	Número da barra onde o segundo terminal do elemento está conectado, este valor pode ser zero.	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR, ou zero, caso o elemento puder e estiver conectado à barra de referência.
Barra Terminal 3	Número da barra onde o terceiro terminal do elemento está conectado. Caso o equipamento possua somente 2 terminais, esse campo	Valor inteiro positivo definido no campo "Número da barra" do código DBAR. Caso o equipamento possua somente 2 terminais,

	não deverá ser preenchido.	esse campo não deverá ser preenchido.
Identificador de Circuitos	Caso existam circuitos em paralelo, este valor serve para diferenciá-los.	Qualquer valor inteiro positivo ou zero.
Terminal	Terminal do elemento escolhido para o cálculo da corrente.	T1 – para o terminal 1 (barra DE). T2 – para o terminal 2 (barra PARA). T3 – para o terminal 3 (barra EXTRA).

Como exemplo do traçado do cálculo do módulo da corrente de penetração da linha existente entre as barras 3 e 4, circuito 1, onde o terminal escolhido para o cálculo da corrente foi o terminal 1 (barra DE), tem-se:

```
%Diretiva  Gráfico  Elemento  De  Para  ID  Terminal
PLOT_CORR     M        LIN     3   4    1    T1
```

Código Batch ABRIR

Para executar um arquivo em modo "batch", é necessário que um arquivo com os dados da rede esteja carregado na memória do computador. Para isto, o procedimento conhecido até o momento é o de carregar um arquivo *.hzs através do comando "**Abrir...**" do menu "**Arquivo**" (item Erro! A origem da referência não foi encontrada.), ou um arquivo histórico através do comando "**Histórico -> Abrir...**", também do menu "**Arquivo**" (item **Abertura de Arquivos Histórico e STB**). Nesse caso, só é possível a execução do modo "batch" para um arquivo de rede.

É possível carregar na memória do computador, um por vêz, diversos arquivos de rede no formato hzs, sem que haja necessidade de carregá-los pelo comando "**Abrir..**" da interface gráfica do programa. Para isto, basta usar a diretiva **ABRIR** várias vezes em um arquivo do tipo "batch", especificando os caminhos e os nomes dos arquivos *.hzs que deverão ser carregados. Em seguida pode-se usar qualquer uma das diretivas mencionadas neste manual. Vale lembrar que somente arquivos texto de formato hzs poderão ser carregados utilizando a ferramenta "batch". Arquivos do Anarede e do Anatem ainda não são permitidos.

Parâmetro	Descrição	Valor Possível
Diretiva ABRIR	Diretiva indicando que um novo arquivo de dados de formato hzs será carregado.	Somente ABRIR.
Caminho e arquivo	Indica o caminho e o nome do arquivo *.hzs que será carregado.	Caminho válido (existente no computador) seguido do nome do arquivo no formato hzs, tudo entre aspas.

Como exemplo do uso da diretiva ABRIR, tem-se:

```
ABRIR "C:\Arquivos de Programas\CEPEL\HarmZs16\Exemplos\Manual_v16.
hzs"
```

Na Listagem 5.1 está mostrado um exemplo de execução em modo "batch" onde são carregados dois arquivos *.hzs (Manual.hzs e Manual_v16_Batch_2.hzs) sem que se utilize o comando "**Abrir...**" da interface gráfica do programa.

Código Batch EX_IMP

O código de execução EX_IMP foi criado como uma ferramenta para exportar a magnitude dos módulos das impedâncias próprias e de transferência para qualquer harmônico que se queira. Os valores dessas exportações são armazenados em um arquivo de extensão out, sendo que esse arquivo poderá ser processado em um aplicativo de apoio ao HarmZs chamado Pro_HarmZs [15].

O aplicativo de apoio ao processamento de dados de saída do HarmZs – Pro_HarmZs [15] é um programa auxiliar que permite o processamento (tratamento) dos resultados de exportações de módulos de impedância e de distorção de tensão. Este processamento pode ser aplicado nos resultados de apenas um caso (caso individual) ou nos resultados de diversos casos de simulações (comparação entre casos). O principal objetivo deste processamento é o de facilitar a observação de características importantes do comportamento harmônico de sistemas de potência. Por meio destas observações, julga-se que as soluções para os problemas envolvendo harmônicos poderão ser mais facilmente encontradas.

Para a correta exportação de arquivos com os valores dos módulos das impedâncias, é necessário que o nome de um arquivo do tipo *.out seja informado na execução do modo "batch". Para isto, basta usar a diretiva EX_IMP, passando em seguida o caminho (pasta) e o nome do arquivo *.out onde serão armazenados todos os dados requisitados.

É importante observar que caso o arquivo *.out informado juntamente com o caminho não exista, ele será criado automaticamente. Caso ele exista, todos os dados existentes nesse arquivo serão apagados, dando lugar aos novos dados. Caso o caminho informado não exista, uma mensagem de erro será visualizada após o processamento, e as exportações que seriam escritas no arquivo informado depois do caminho não serão realizadas.

Para a utilização desta diretiva, dois conjuntos de dados deverão ser preenchidos.

- Primeiro conjunto de dados:

Parâmetro	Descrição	Valor Possível
Diretiva EX_IMP	Diretiva para o cálculo e exportação de valores de módulo de impedância.	Somente EX_IMP.
Caminho e arquivo	Indica o caminho e o nome do arquivo *.out onde os valores de módulo de impedância serão exportados.	Caminho válido (existente no computador) seguido do nome do arquivo de extensão out, tudo entre aspas.

- Segundo conjunto de dados:

Após informar o arquivo *.out, devem ser preenchidos os campos mostrados na tabela abaixo.

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Freqüência	Define a freqüência em	Qualquer valor real

	que serão calculados os valores dos módulos de impedância.	positivo.
Tipo de exportação	Define se as barras a serem monitoradas serão escolhidas (identificadas) por número de barras, de grupo base de tensão ou de área base.	B – Identificação por número de barras (pode ser fornecido mais de um número de barra). G – Identificação por número de grupo base de tensão (somente pode ser fornecido um grupo base). A – Identificação por número de área (somente pode ser fornecida uma área).
Barra de Injeção de corrente	Define a barra de injeção de corrente escolhida.	Barras do sistema que não sejam barras infinitas (fontes ideais de tensão). Ou seja, só é permitido injetar corrente em barras onde não existam fontes ideais de tensão.
Barra(s) de Monitoração	Define os números das barras, dos grupos bases de tensão ou das áreas para identificação das barras a serem monitoradas.	Qualquer número de barra, de grupo base ou de área do sistema.

No arquivo de comandos exemplo mostrado na Listagem 5.2, estão exemplos do uso dessa diretiva. Para facilitar o leitor, algumas linhas são repetidas a seguir:

```
% Primeiro conjunto de dados
%diretiva        caminho e o nome do arquivo *.out
EX_IMP "C:\CEPEL\Saida_Imp_1.out"
%
% Segundo conjunto de dados
%   freq   tipo   injeção       monitoração
     300    B        2           6 5 4 3 1
     660    G        2           3
     900    A        2           1
```

A primeira linha do segundo conjunto de dados significa que as impedâncias de transferência entre a barra 2 e as barras 6, 5, 4, 3 e 1, calculadas na freqüência de 300 Hz, serão exportadas. A segunda linha do segundo conjunto de dados significa que as impedâncias de transferência entre a barra 2 e as barras pertencentes ao grupo base de tensão 3, calculadas na freqüência de 660 Hz, serão exportadas. De acordo com os arquivos de rede Manual_v16.hzs, Manual_v16_Batch_2.hzs e Manual_v16_Batch_3.hzs (Listagem 5.4, Listagem 5.5 e Listagem 5.6, respectivamente), este grupo base de tensão corresponde à tensão de 13,8 kV. Conforme pode ser verificado na Figura 5.1, Figura 5.2 e/ou Figura 5.3, as barras pertencentes a este grupo base de tensão são as de números

5 e 6. Finalmente, a terceira linha do segundo conjunto de dados significa que as impedâncias de transferência entre a barra 2 e as barras pertencentes a área 1, calculadas na freqüência de 900 Hz, serão exportadas. De acordo com os arquivos de rede *.hzs acima citados, as barras desta área são as de número 1, 2, 3 e 4. De acordo com o primeiro conjunto de dados, todas estas exportações serão feitas para o arquivo Saida_Imp_1.out.

Código Batch EX_DIST

O código de execução EX_DIST foi criado como uma ferramenta para exportar os valores de distorção harmônica de tensão de uma determinada barra. Os valores destas exportações são armazenados em um arquivo de extensão out que será informado (seu caminho e seu nome) após a diretiva EX_DIST, sendo que esse arquivo poderá ser tratado no aplicativo auxiliar Pro_HarmZs.

É importante observar que caso o arquivo não exista, ele será criado automaticamente. Caso ele exista, os dados existentes nesse arquivo serão apagados, dando lugar aos novos dados. Caso o caminho informado não exista, uma mensagem de erro será visualizada e a exportação não será realizada.

Para a utilização desta diretiva, dois conjuntos de dados deverão ser preenchidos.

- Primeiro conjunto de dados:

Parâmetro	Descrição	Valor Possível
Diretiva EX_DIST	Diretiva para o cálculo e exportação de valores de distorção harmônica de tensão.	Somente EX_DIST.
Caminho e arquivo	Indica o caminho e o nome do arquivo *.out onde os valores de distorção harmônica de tensão serão exportados.	Caminho válido (existente no computador) seguido do nome do arquivo de extensão out, tudo entre aspas.

- Segundo conjunto de dados:

Parâmetro	Descrição	Valores Possíveis
Método de Cálculo	Permite ao usuário escolher se as distorções serão calculadas como soma fasorial, linear ou quadrática.	F – para cálculo fasorial. L – para cálculo linear. Q – para cálculo quadrático.
Tipo de identificação das barras de monitoração	Define se as barras a serem monitoradas serão escolhidas (identificadas) por número de barras, de grupo base de tensão ou de área.	B – Identificação por número de barras (pode ser fornecido mais de um número de barra). G – Identificação por número de grupo base de tensão (somente pode ser fornecido um grupo base). A – Identificação por número de área (somente pode ser fornecida uma área base).
Número(s) de identificação da(s) barra(s)	Define os números das barras, do grupo	Qualquer número de barra, de grupo base ou

	base de tensão ou da área base para a identificação das barras cujos valores de distorção serão calculados.	de área do sistema.

No arquivo de comandos (tipo “batch”) mostrado na Listagem 5.2, estão exemplos do uso dessa diretiva. Para facilitar o leitor, a primeira utilização é repetida a seguir:

```
% Primeiro conjunto de dados
%diretiva        caminho e o nome do arquivo *.out
EX_DIST "C:\CEPEL\Saida_Dist_1.out"
%
% Segundo conjunto de dados
%  Metodo   Tipo    No.Identificação
      F      B             1   2
      F      G             2
      F      A             2
```

A primeira linha do segundo conjunto de dados significa que as distorções harmônicas de tensão nas barras 1 e 2 serão calculadas e exportadas. A segunda linha do segundo conjunto de dados significa que as distorções em todas as barras do grupo base de tensão 2 serão calculadas e exportadas. De acordo com os arquivos de rede Manual_v16.hzs, Manual_v16_Batch_2.hzs e Manual_v16_Batch_3.hzs (Listagem 5.4, Listagem 5.5 e Listagem 5.6, respectivamente), este grupo base de tensão corresponde à tensão de 230 kV. Conforme pode ser verificado na Figura 5.1, Figura 5.2 e/ou Figura 5.3, as barras pertencentes a este grupo base de tensão são as de números 3 e 4. Finalmente, a terceira linha do segundo conjunto de dados significa que as distorções em todas as barras pertencentes a área 2 serão calculadas e exportadas. De acordo com os arquivos de rede *.hzs acima citados, as barras desta área são as de número 5 e 6. Como indicado no primeiro conjunto de dados, estas exportações serão feitas para o arquivo Saida_Dist_1.out.

Deve-se observar que os valores de distorção harmônica de tensão serão calculados e exportados para todas as freqüências nas quais existam injeções de correntes harmônicas. Essas freqüências estão definidas no código DSRC dos arquivos de rede *.hzs, não sendo necessário informar quais as freqüências em que as distorções devem ser calculadas.

Código Batch EXCEL

Também é possível exportar para o Excel os dados gráficos gerados através dos códigos de execução para traçados gráficos. Como exemplo, caso o usuário trace o módulo da impedância própria de uma determinada barra, os valores traçados poderão ser exportados para um arquivo de extensão csv que pode ser aberto em uma planilha do Excel.

Parâmetro	Descrição	Valor Possível
Diretiva EXCEL	Diretiva indicando que os dados gráficos serão exportados para um arquivo csv.	Somente EXCEL.
Caminho e arquivo	Indica o caminho e o nome do arquivo *.csv que será criado.	Caminho válido (existente no computador) seguido do nome do arquivo no formato csv, tudo entre aspas.

Como exemplo do uso da diretiva EXCEL, tem-se:

```
EXCEL "C:\Arquivos de Programas\CEPEL\HarmZs19\Exemplos\Manual_v16.
csv"
```

Na Listagem 5.1 está apresentado um exemplo de execução em modo “batch” onde são criados dois arquivos *.csv representando a exportação dos dados gráficos traçados através dos comandos PLOT_RESP para o Excel. Logo após o comando é passado o caminho e o nome do arquivo do tipo csv. No exemplo da Listagem 5.1, os dados gráficos visualizados na tela do programa HarmZs serão exportados para os arquivos “Manual_v16.csv” e “Manual_v16_Batch_2.csv”, que serão salvos na pasta “"C:\Arquivos de programas\CEPEL\HarmZs19\Exemplos\”.

Esta diretiva é equivalente a acessar, após algum traçado gráfico, o menu “**Opções**” e submenus “**Exportar->**” e “**Excel...**” conforme apresentado na Figura 5.4

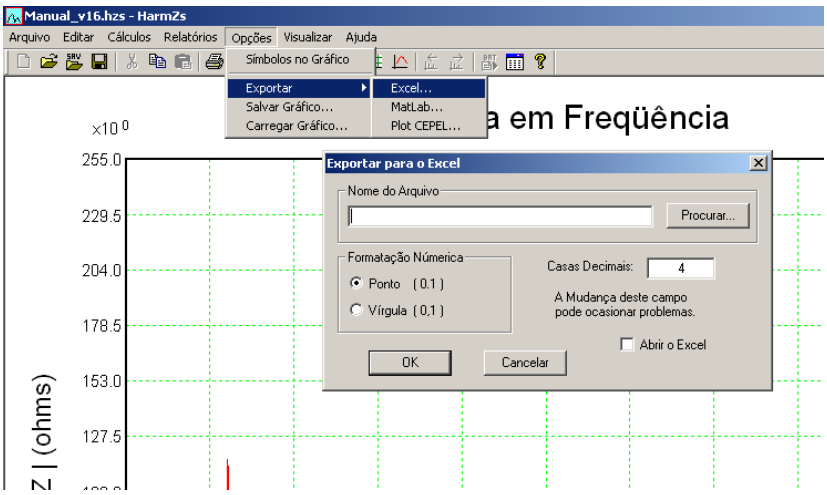


Figura 5.4: Equivalência entre menu Excel na interface gráfica e diretiva batch EXCEL.

Códigos de Edição de Dados de Rede

A modificação, adição ou remoção de elementos podem ser muito úteis em estudos de comportamento harmônico.

Dados de rede podem ser modificados, adicionados ou removidos através do modo "batch" do programa HarmZs. Com o recurso da adição ou remoção, novos elementos podem ser adicionados ou removidos, respectivamente, ao sistema existente.

Já com o recurso de modificação da rede, os valores dos elementos carregados na memória do programa podem ser modificados. Pode-se, por exemplo, abrir circuitos, desligar cargas, modificar os valores de resistências, reatâncias e/ou capacitâncias de linhas e equipamentos, etc. Vale observar que dados de referência como barra DE, barra PARA, barra EXTRA (no caso de transformadores de 3 enrolamentos) e número de circuito não podem ser modificados e devem ser fornecidos para que o programa possa encontrar o elemento a ser modificado.

Para que modificações, adições e/ou remoções de elementos da rede elétrica possam ser efetuadas, é necessário primeiramente que um arquivo *.hzs seja carregado através da diretiva ABRIR **(Código Batch ABRIR**). Após a diretiva ABRIR, as diretivas de controle de edição de dados de rede (DLIN, DLTF, DMAQ, DTR2, DTR3, DCRG, DEQP ou DMOT), descritas a seguir, devem ser fornecidas bem como o tipo de ação a ser efetuada. Essa ação pode ser de adição (representada pela letra A após a diretiva), eliminação (representada pela letra E após a diretiva) ou modificação (representada pela letra M após a diretiva) do elemento. Após cada linha do arquivo contendo a diretiva de controle de edição de dados e a ação a ser tomada, os parâmetros dos elementos que sofrerão a ação devem ser fornecidos. Um exemplo será apresentado a seguir para cada código.

Código Batch DLIN

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Diretiva DLIN	Dados de linhas de transmissão.	Colocar o link do manual para código DLIN
Ação	Tipo de ação a ser realizada.	A – Adição (default); E – Eliminação; M – Modificação. Se nenhum dos 3 valores acima for fornecido, o programa entenderá que o procedimento será de adicionar o novo elemento (ação do tipo A).

A seguir é apresentado um exemplo, retirado da Listagem 5.3, de adição de uma nova linha de transmissão, identificada como circuito de número 2 (terceiro campo).

```
DLIN A
   3    4   2    1    0.833   2.19   0.093200    9   0
```

Observe que outras linhas de transmissão poderiam ser adicionadas utilizando a mesma diretiva DLIN A, ou seja, não é necessário utilizar a diretiva para cada linha de transmissão a ser adicionada. Considerações análogas são válidas para as outras diretivas (descritas a seguir) e ações.

Código Batch DLTF

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Diretiva DLTF	Dados de linhas de transmissão com parâmetros variando com a freqüência.	Colocar o link do manual para código DLTF
Ação	Tipo de ação a ser realizada.	A – Adição (default); E – Eliminação; M – Modificação. Se nenhum dos 3 valores acima for fornecido, o programa entenderá que o procedimento será de adicionar o novo elemento (ação do tipo A).

A seguir é apresentado um exemplo de modificação de uma linha de transmissão com parâmtros variando com a freqüência já existente. O estado dessa linha foi modificado para desligado (quarto campo).

```
DLTF M
 1   2   1   0   1   0.00086140   0.01302440   300.0   2.959   0.739 3.0
0.067    1000.0    -8.0   20.0    0.0    25.0   8.0   20.0   500.0
```

Código Batch DMAQ

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Diretiva DMAQ	Dados de máquinas (fontes de tensão).	Colocar o link do manual para código DMAQ.
Ação	Tipo de ação a ser realizada.	A – Adição (default); E – Eliminação; M – Modificação. Se nenhum dos 3 valores acima for fornecido, o programa entenderá que o procedimento será de adicionar o novo elemento (ação do tipo A).

A seguir é apresentado um exemplo, retiradoda Listagem 5.3, de modificação de uma máquina já existente. Essa máquina, anteriormente modelada com barra infinita, agora recebe os valores de resistência de armadura, reatância sub-transitória e potência base (3°, 4° e 5° campos).

```
DMAQ M
    1    1   0.02  0.2  100
```

Código Batch DTR2

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Diretiva DTR2	Dados de transformadores de 2 enrolamentos.	Colocar o link do manual para código DTR2.
Ação	Tipo de ação a ser realizada.	A – Adição (default); E – Eliminação; M – Modificação. Se nenhum dos 3 valores acima for fornecido, o programa entenderá que o procedimento será de adicionar o novo elemento (ação do tipo A).

A seguir é apresentado um exemplo de adição de um transformador de 2 enrolamentos. Esse novo transformador é adicionado com o circuito de número 2, conforme pode ser observado no campo de número 10 abaixo.

```
DTR2 A
   4   230.0   0.0    6   13.8   -30.0   0.0   0.1   500.0   2   1
```

Código Batch DTR3

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Diretiva DTR3	Dados de transformadores de 3 enrolamentos.	Colocar o link do manual para código DTR3.
Ação	Tipo de ação a ser realizada.	A – Adição (default); E – Eliminação; M – Modificação. Se nenhum dos 3 valores acima for fornecido, o programa entenderá que o procedimento será de adicionar o novo elemento (ação do tipo A).

A seguir é apresentado um exemplo de modificação de um transformador de 3 enrolamentos já existente. Nesse transformador o valor da sua potência base foi modificado de 750 para 700 MVA (16° campo).

```
DTR3 M
   2     0.0     0.15     500.0     0.0      3    0.0     0.2     230.0
0.0    5   0.0   0.4    13.8    -30.0    700.0    1    1
```

Código Batch DCRG

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Diretiva DCRG	Dados de cargas.	Colocar o link do manual para código DCRG.
Ação	Tipo de ação a ser realizada.	A – Adição (default); E – Eliminação; M – Modificação. Se nenhum dos 3 valores acima for fornecido, o programa entenderá que o procedimento será de adicionar o novo elemento (ação do tipo A).

A seguir é apresentado um exemplo, retirado da Listagem 5.3, de eliminação de uma carga existente. O programa procurará por essa carga nos dados carregados em memória e a excluirá.

```
DCRG E
    4     1    1     35.2     24.5     p
```

Código Batch DEQP

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Diretiva DEQP	Dados de equipamentos.	Colocar o link do manual para código DEQP.
Ação	Tipo de ação a ser realizada.	A – Adição (default); E – Eliminação; M – Modificação. Se nenhum dos 3 valores acima for fornecido, o programa entenderá que o procedimento será de adicionar o novo elemento (ação do tipo A).

A seguir é apresentado um exemplo de adição de um novo equipamento. Esse equipamento será adicionado na barra 4 com o circuito de número 2.

```
DEQP A
   4    0    2    1    1502.8    2159.18    0.00    p
```

Código Batch DMOT

Parâmetros	Descrição	Valores Possíveis
Diretiva DMOT	Dados de grupos de	Colocar o link do

	motores.	manual para código DMOT.
Ação	Tipo de ação a ser realizada.	A – Adição (default); E – Eliminação; M – Modificação. Se nenhum dos 3 valores acima for fornecido, o programa entenderá que o procedimento será de adicionar o novo elemento (ação do tipo A – Adição).

A seguir é apresentado um exemplo, retirado da Listagem 5.3, de adição de um novo motor de indução.

```
DMOT A
   5    1   1   0.03   0.05   3   0.01   0.02   0.012   4    0.8
```

Código Batch FIM

Esse controle é utilizado para finalizar o arquivo em modo "batch". Após esse controle nenhum outro será verificado.

Parâmetro	Descrição	Valor Possível
Diretiva FIM	Diretiva indicando o final do arquivo "batch".	Somente FIM.

Interface Gráfica do Programa

Abertura de um Arquivo em Modo Batch

Após criar um arquivo do tipo "batch", conforme descrito nos "**Códigos de Controle de Execução B**", utilizando um editor de textos, pode-se carregá-lo através do comando "**Escolher Arquivo Batch...**" que se encontra no menu "**Arquivo**", no submenu "**Batch** ", conforme apresentado na Figura 5.5.

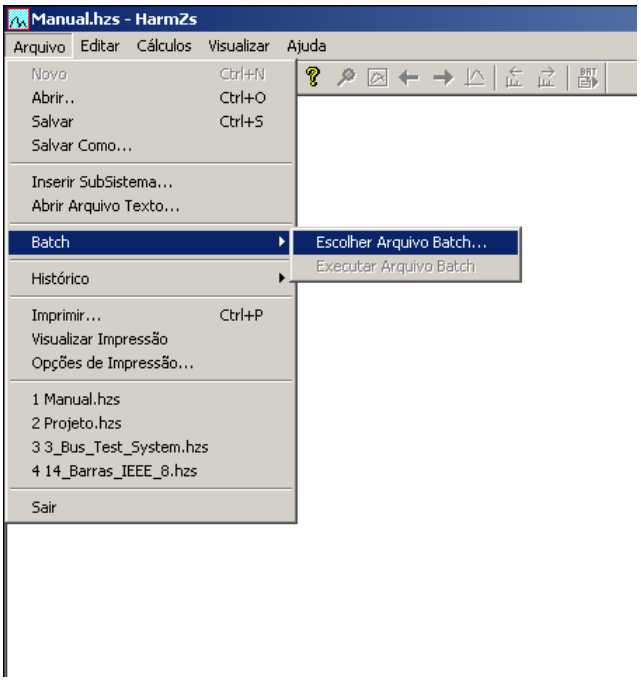


Figura 5.5: Abertura de arquivo do tipo "batch".

Deste modo, a caixa de diálogo mostrada na Figura 5.6 será apresentada para que o usuário informe qual o arquivo "batch" que deseja executar.

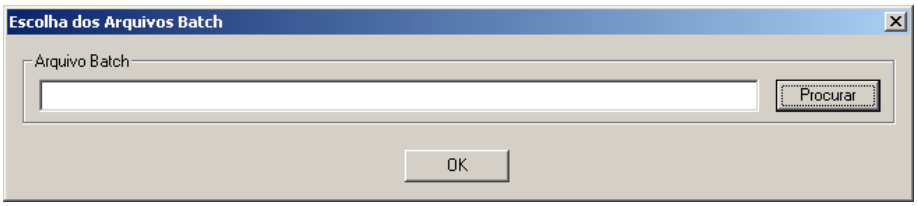


Figura 5.6: Diálogo para localizar o arquivo do tipo "batch".

Clicando no botão "**Procurar..**" a caixa de diálogo da Figura 5.7 será apresentada. Nela deve ser escolhido o arquivo do tipo "batch" (extensão mbt) que se deseja executar.

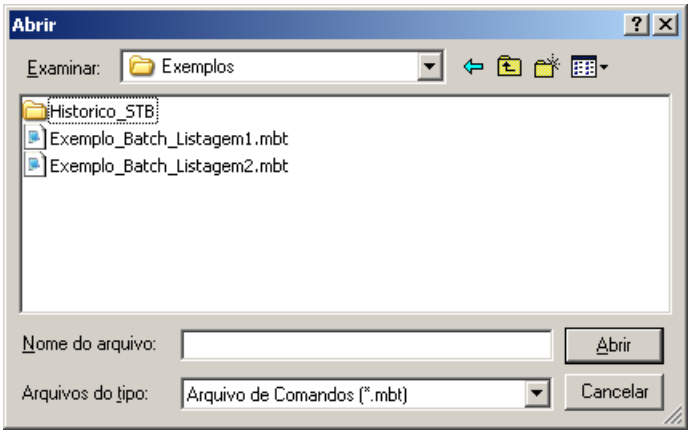


Figura 5.7: Diálogo para escolha do arquivo do tipo "batch".

Depois de escolher o arquivo com os comandos em modo “batch” que vai ser executado e clicar no botão “**OK**” da Figura 5.6, haverá um pré-processamento do arquivo *.mbt para todos os códigos de controle de execução “**ABRIR**” existentes. Este pré-processamento objetiva facilitar a crítica de dados para o usuário, verificando, primeiramente, a existência dos caminhos e dos arquivos de rede informados nos códigos “**ABRIR**”. Caso este procedimento inicial não fosse realizado, provavelmente ter-se-ia a apresentação de uma grande quantidade de erros e avisos pela falta desse arquivo. Uma mensagem onde o pré-processamento encontrou erros está apresentada na Figura 5.8.

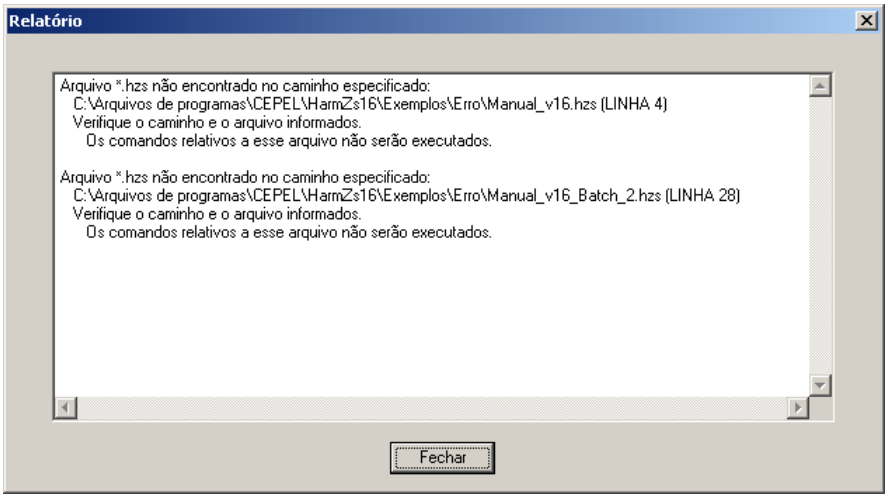

Relatório
Arquivo *.hzs não encontrado no caminho especificado:
C:\Arquivos de programas\CEPEL\HarmZs16\Exemplos\Erro\Manual_v16.hzs (LINHA 4)
Verifique o caminho e o arquivo informados.
Os comandos relativos a esse arquivo não serão executados.
Arquivo *.hzs não encontrado no caminho especificado:
C:\Arquivos de programas\CEPEL\HarmZs16\Exemplos\Erro\Manual_v16_Batch_2.hzs (LINHA 28)
Verifique o caminho e o arquivo informados.
Os comandos relativos a esse arquivo não serão executados.
Fechar

Figura 5.8: Pré-processamento do arquivo em modo "batch".

Caso o preenchimento de um dos códigos de execução “**ABRIR**” esteja incorreto (caminho ou arquivo inexistente), como apresentado na Figura 5.8, mas o usuário deseje executar o “batch” com os outros arquivos de rede *.hzs que foram encontrados no pré-processamento, o mesmo deve ficar atento ao fato de que os códigos de execução relativos ao arquivo *.hzs não encontrado não serão executados. Nesse caso, um erro para cada arquivo *.hzs não encontrado e vários avisos serão emitidos para o usuário. As mensagens relativas a esses erros e avisos estão contidas no relatório de processamento, como será apresentado no item a seguir.

Execução do Arquivo em Modo Batch Carregado

Para executar um arquivo em modo “batch” (*.mbt) é necessário que um arquivo *.hzs ou um arquivo histórico esteja carregado na memória do programa, ou que existam diretivas "ABRIR" no arquivo *.mbt antes de qualquer outra diretiva.

Após a escolha dos arquivos de formato hzs e/ou mbt, os códigos de execução contidos no arquivo em modo “batch” podem ser realizados. Para isto, o usuário deve escolher a opção “**Executar Arquivo Batch**”encontrada no menu “**Arquivo**” e no submenu “**Batch**” conforme está mostrado na Figura 5.9. O botão de atalho, destacado por um quadrado vermelho na Figura 5.10, também pode ser utilizado para execução do modo “batch”.

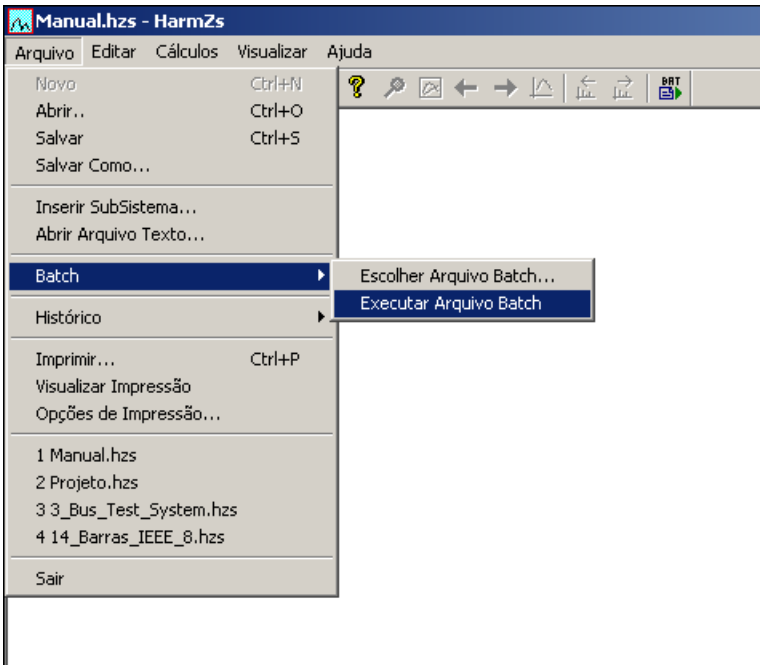


Figura 5.9: Menu de execução do arquivo em modo "batch".

Figura 5.10: Atalho para execução do arquivo em modo "batch".

A seguir serão apresentados exemplos de relatórios de processamento, erros e avisos para as diretivas de traçado de gráficos, de exportação de dados de saída e de edição de dados de redes. Vale lembrar que essas diretivas podem estar misturadas ao longo de um arquivo “batch”. Os procedimentos foram aqui tratados em arquivos distintos somente para facilitar a compreensão desta ferramenta.

Caso o programa interprete os dados dos códigos como inconsistentes, mensagens de aviso e/ou de erro serão apresentadas ao usuário. A linha de execução e o número desta linha no arquivo “batch” e, em certos casos, o valor do campo onde foram detectadas as inconsistências serão mostrados. Deste modo, o usuário poderá alterar o arquivo de códigos de execução de acordo com as mensagens exibidas utilizando um editor de textos.

Mesmo que existam erros no arquivo, as linhas que estiverem consistentes com os códigos de execução serão processadas normalmente.

Mensagens sobre diretivas de traçados

Caso o arquivo não apresente inconsistência de dados, uma mensagem de êxito será apresentada logo depois de executar os traçados desejados, como mostrado na Figura 5.11, onde o relatório de processamento do arquivo em modo "batch" da Listagem 5.1 está apresentado. Como pode ser observado, os arquivos *.hzs carregados são apresentados ao longo deste relatório.

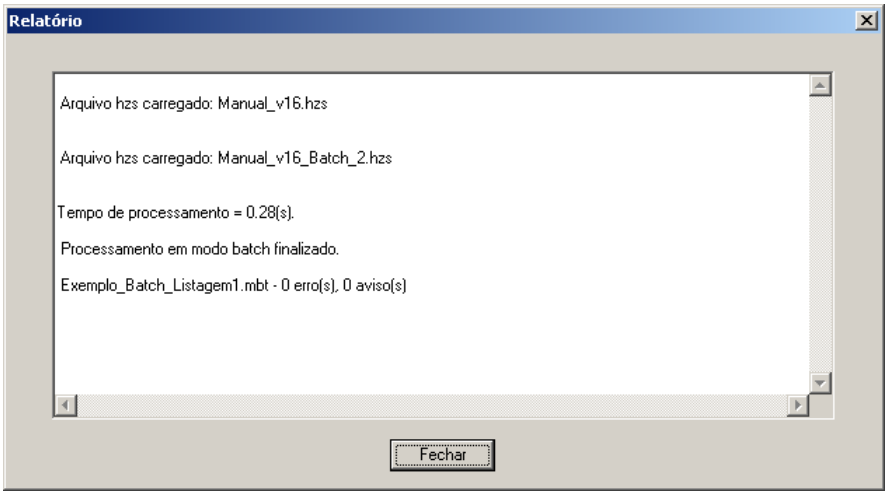


Figura 5.11: Término do processamento do arquivo em modo "batch".

Na Figura 5.12 está apresentado um exemplo de relatório de processamento com erros encontrados em traçados.

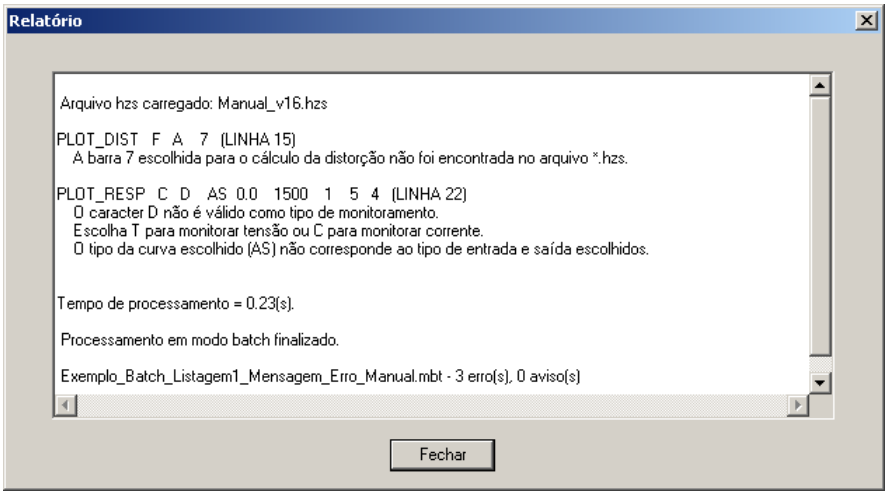

Relatório
Arquivo hzs carregado: Manual_v16.hzs
PLOT_DIST F A 7 (LINHA 15)
A barra 7 escolhida para o cálculo da distorção não foi encontrada no arquivo *.hzs.
PLOT_RESP C D AS 0.0 1500 1 5 4 (LINHA 22)
O caracter D não é válido como tipo de monitoramento.
Escolha T para monitorar tensão ou C para monitorar corrente.
O tipo da curva escolhido (AS) não corresponde ao tipo de entrada e saída escolhidos.
Tempo de processamento = 0.23(s).
Processamento em modo batch finalizado.
Exemplo_Batch_Listagem1_Mensagem_Erro_Manual.mbt - 3 erro(s), 0 aviso(s)
Fechar

Figura 5.12: Mensagens de erros e avisos para inconsistência nos código de execução de traçados.

Como informado no item **Abertura de um Arquivo em Modo Batch**, caso não seja encontrado um arquivo de rede *.hzs passado no código de execução "**ABRIR**", mas o usuário insista em executar o arquivo em modo "batch" para os outros arquivos *.hzs, um erro para cada arquivo *.hzs não encontrado e vários avisos para os códigos de execução relativos a esse arquivo serão apresentados como mostrado na Figura 5.13. Pode-se observar nesta figura que o

arquivo Manual_v16.hzs foi corretamente carregado e todas as diretivas relativas a esse arquivo foram corretamente executadas. Por outro lado, o arquivo informado na linha 35 (C:\CEPEL\HarmZs16\Manual_Erro.hzs), não foi encontrado e dois avisos sobre a não executação das diretivas relativas a esse arquivo foram apresentadas.

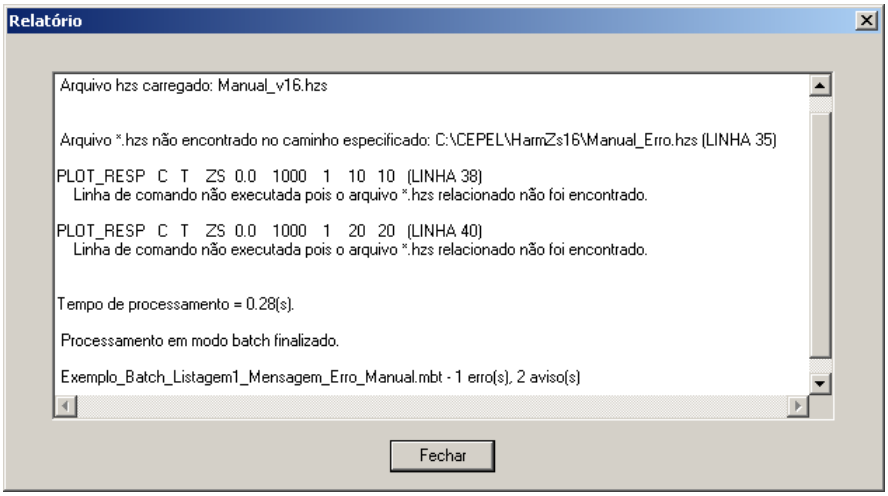
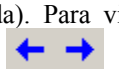

Relatório
Arquivo hzs carregado: Manual_v16.hzs
Arquivo *.hzs não encontrado no caminho especificado: C:\CEPEL\HarmZs16\Manual_Erro.hzs (LINHA 35)
PLOT_RESP C T ZS 0.0 1000 1 10 10 (LINHA 38)
Linha de comando não executada pois o arquivo *.hzs relacionado não foi encontrado.
PLOT_RESP C T ZS 0.0 1000 1 20 20 (LINHA 40)
Linha de comando não executada pois o arquivo *.hzs relacionado não foi encontrado.
Tempo de processamento = 0.28(s).
Processamento em modo batch finalizado.
Exemplo_Batch_Listagem1_Mensagem_Erro_Manual.mbt - 1 erro(s), 2 aviso(s)
Fechar

*Figura 5.13: Mensagens de erro e avisos quando o arquivo *.hzs não for encontrado.*

Logo após a execução do arquivo em modo "batch", o usuário poderá visualizar os resultados na forma de gráficos gerados. Um exemplo de execução de arquivo em modo "batch" (Listagem 5.1) com somente traçados de gráficos é apresentado na Figura 5.14. Vale observar que os traçados são feitos na ordem que estão no arquivo *.mbt e por esse motivo, ao final da execução do modo "batch", o traçado apresentado na área ativa do programa HarmZs é relativo ao último código de traçados do arquivo *mbt (ou dos últimos traçados caso a diretiva **MESMO** seja utilizada). Para visualizar os outros traçados, basta o usuário navegar pelos botões  encontrados na barra de tarefas do programa.

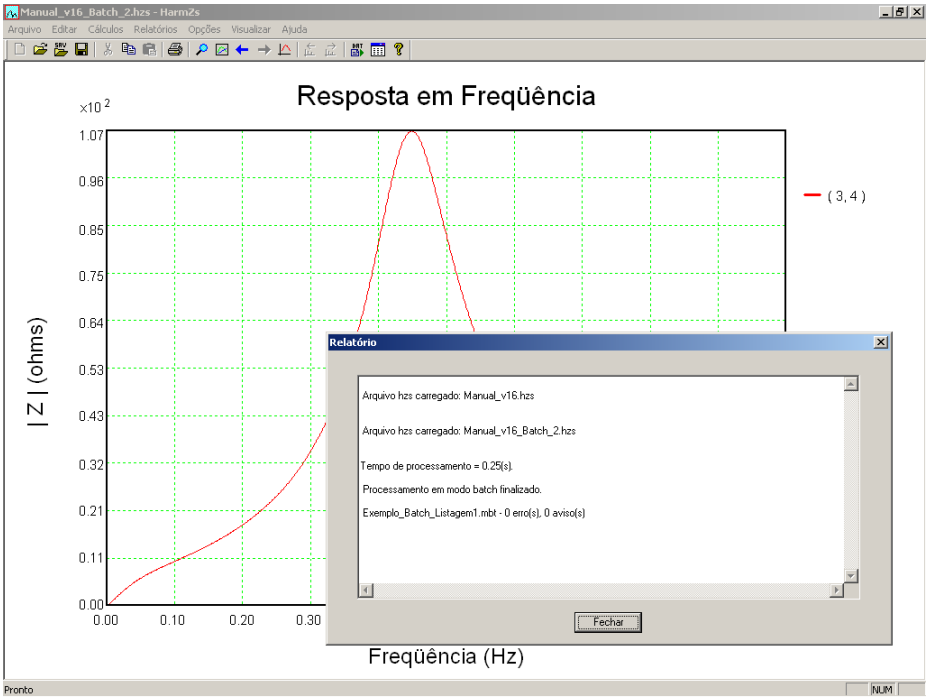


Figura 5.14: Execução em modo "batch" da listagem de traçados de gráficos.

Mensagens sobre exportação de dados de saída de impedâncias e distorções

Várias mensagens de execução podem estar presentes no relatório de processamento quando existirem diretivas para exportação no arquivo "batch" informado. Caso o arquivo não apresente inconsistência de dados, diversas mensagens indicarão os passos executados na exportação e uma mensagem de êxito será apresentada no final do relatório, logo depois de executar as exportações desejadas. Na Figura 5.15 está mostrado o relatório de processamento do arquivo em modo "batch" da Listagem 5.2.

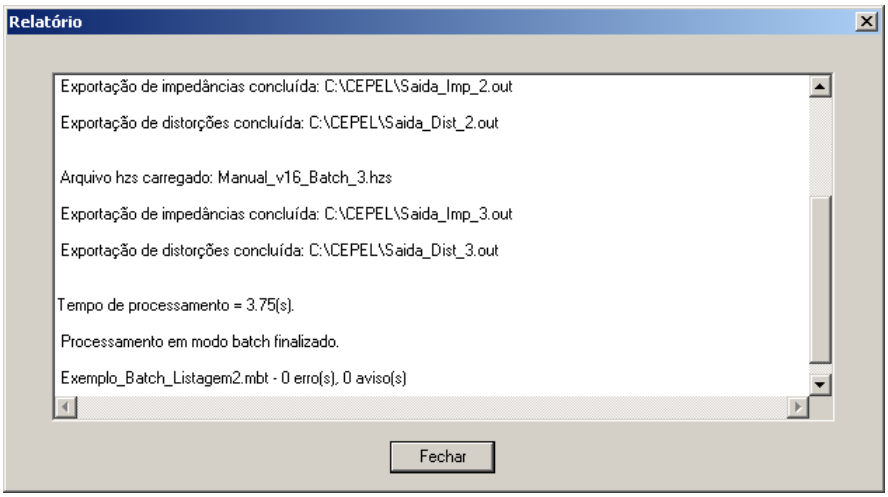

Relatório
Exportação de impedâncias concluída: C:\CEPEL\Saida_Imp_2.out
Exportação de distorções concluída: C:\CEPEL\Saida_Dist_2.out
Arquivo hzs carregado: Manual_v16_Batch_3.hzs
Exportação de impedâncias concluída: C:\CEPEL\Saida_Imp_3.out
Exportação de distorções concluída: C:\CEPEL\Saida_Dist_3.out
Tempo de processamento = 3.75(s).
Processamento em modo batch finalizado.
Exemplo_Batch_Listagem2.mbt - 0 erro(s), 0 aviso(s)
Fechar

Figura 5.15: Término do processamento do arquivo em modo "batch" para diretivas de exportação.

O procedimento de crítica de dados para exportação de arquivos *out é análogo ao descrito anteriormente em "**Mensagens sobre diretivas de traçados**". No entanto, vale adicionar que se um caminho especificado para o nome do arquivo onde seriam escritos os dados não existir (códigos EX_IMP e EX_DIST), as diretivas de exportação de módulos de distorção e de módulos de impedâncias não serão executadas, mesmo que estas estejam configuradas perfeitamente. Avisos serão emitidos no relatório de processamento, como mostrado na Figura 5.16. Pode-se observar nesta figura que, embora o arquivo de rede Manual_v16.hzs tenha sido carregado sem problemas, não foi possível executar as exportações relativas a este arquivo pois os caminhos do arquivos de saída *.out informados (Saida_Imp_1.out e Saida_Dist_1.out) não foram encontrados. Já as exportações relativas ao arquivo Manual_v16_Batch_2.hzs foram executadas com sucesso, como pode ser visto nas mensagens de exportação concluída.

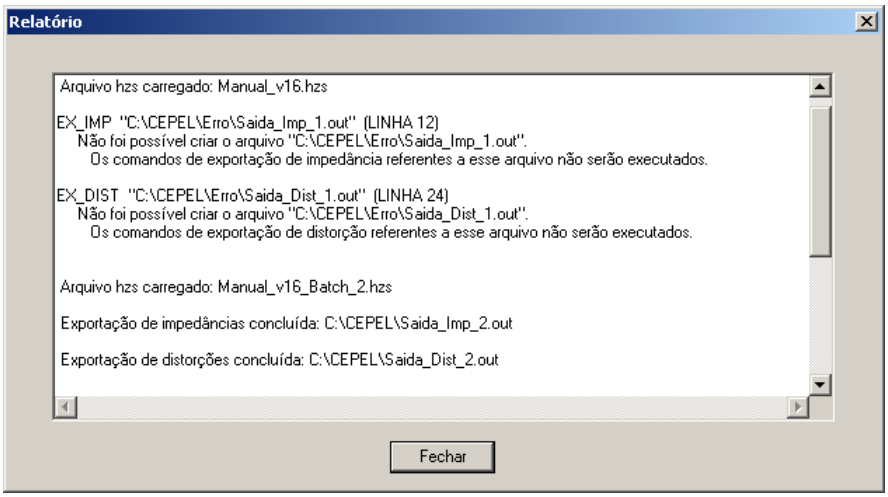

Relatório
Arquivo hzs carregado: Manual_v16.hzs
EX_IMP "C:\CEPEL\Erro\Saida_Imp_1.out" (LINHA 12)
Não foi possível criar o arquivo "C:\CEPEL\Erro\Saida_Imp_1.out".
Os comandos de exportação de impedância referentes a esse arquivo não serão executados.
EX_DIST "C:\CEPEL\Erro\Saida_Dist_1.out" (LINHA 24)
Não foi possível criar o arquivo "C:\CEPEL\Erro\Saida_Dist_1.out".
Os comandos de exportação de distorção referentes a esse arquivo não serão executados.
Arquivo hzs carregado: Manual_v16_Batch_2.hzs
Exportação de impedâncias concluída: C:\CEPEL\Saida_Imp_2.out
Exportação de distorções concluída: C:\CEPEL\Saida_Dist_2.out
Fechar

Figura 5.16: Avisos para inconsistência nos código de execução de exportação de dados de impedâncias e distorções.

Na Figura 5.17 estão apresentados os arquivos *.out exportados para a respectiva pasta informada logo após as diretivas EX_IMP e EX_DIST. A exportação desses arquivos *.out foi obtida ao final da execução do arquivo em modo "batch" da Listagem 5.2, como foi apresentado na Figura 5.15.

Como no caso de traçados de curvas, as exportações são feitas na ordem estabelecida no arquivo *.mbt da Listagem 5.2.

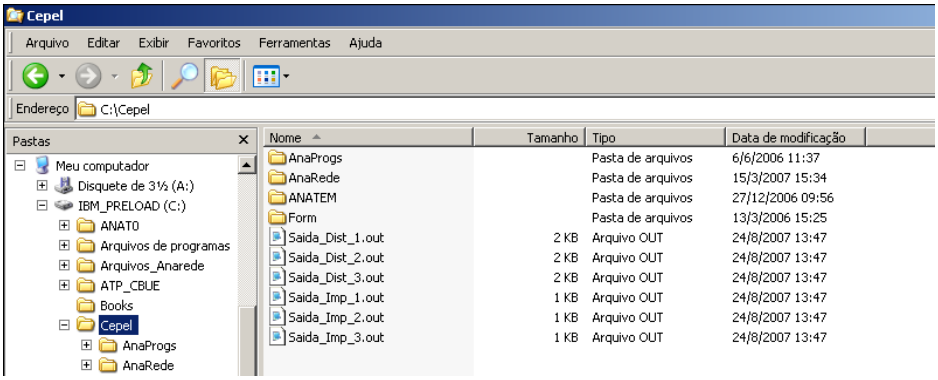


*Figura 5.17: Visualização dos arquivos *.out informados no arquivo *.mbt.*

Mensagens sobre edição de dados de redes

Quando existirem diretivas para edição de dados da rede no arquivo "batch" (modificação, adição ou remoção de dados), mensagens características para essas diretivas serão apresentadas. Caso as diretivas não apresentarem inconsistência de dados, diversas mensagens indicarão os passos executados na edição e uma mensagem de êxito será apresentada no final do relatório de processamento, logo depois de executar as edições desejadas. Na Figura 5.18 está mostrado o relatório de processamento do arquivo em modo "batch" da Listagem 5.3.

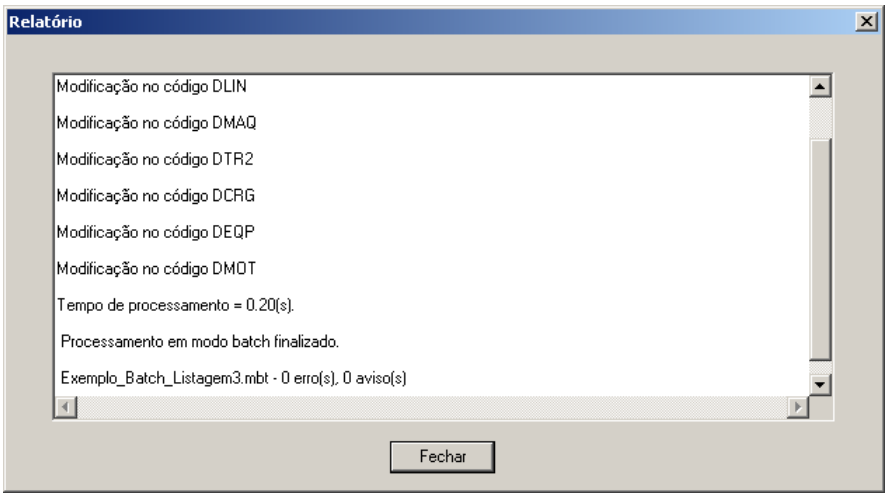


Figura 5.18: Término do processamento do arquivo em modo "batch" para diretivas de edição de dados de rede.

Caso existam inconsistências nas diretivas de edição de dados de rede, mensagens de erros ou avisos serão apresentadas ao usuário, como mostrado na Figura 5.19.

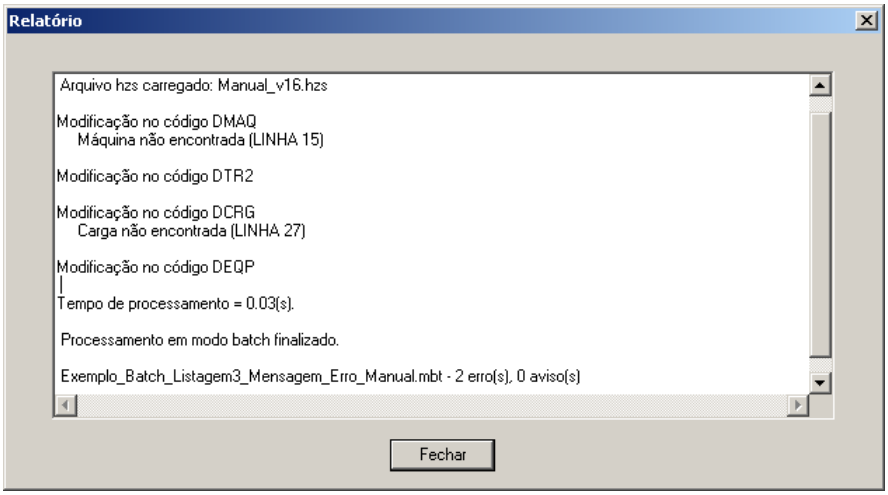

Relatório
Arquivo hzs carregado: Manual_v16.hzs
Modificação no código DMAQ
Máquina não encontrada (LINHA 15)
Modificação no código DTR2
Modificação no código DCRG
Carga não encontrada (LINHA 27)
Modificação no código DEQP
Tempo de processamento = 0.03(s).
Processamento em modo batch finalizado.
Exemplo_Batch_Listagem3_Mensagem_Erro_Manual.mbt - 2 erro(s), 0 aviso(s)
Fechar

Figura 5.19: Avisos para inconsistência nos código de execução de edição de dados de redes.

Vale lembrar que para executar cada uma dessas diretivas é necessário primeiramente que um arquivo *.hzs seja carregado obrigatoriamente através da diretiva "**ABRIR**".

Observações importantes sobre o modo Batch

Uma dica para que não haja erro no momento de escrever no arquivo *.mbt o caminho correto do arquivo *.hzs ou do arquivo *.out, é copiá-lo diretamente da barra de endereços da janela do *Windows Explorer*, como apresentado em azul na Figura 5.20. O usuário só deve estar atento para colocar uma barra invertida no final do caminho copiado (“\”) antes de colocar o nome do arquivo *.hzs ou *.out.

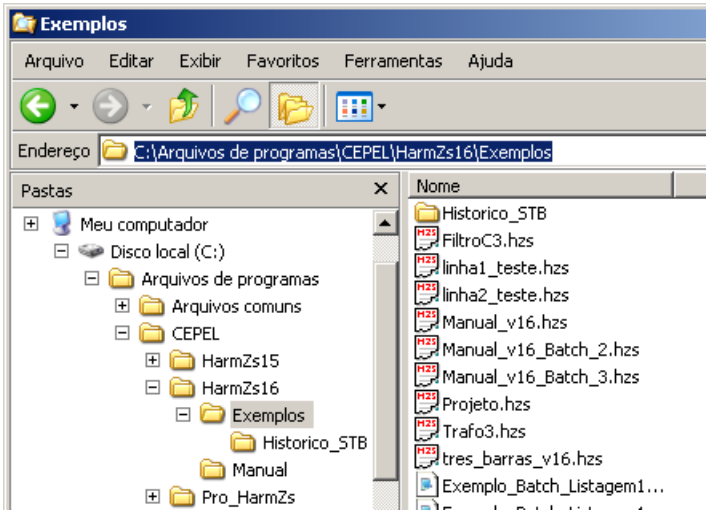


*Figura 5.20: Cópia do caminho do arquivo *.hzs ou *.out da barra de endereço do Windows Explorer.*

Caso o endereço completo não esteja sendo informado na barra de endereços, o usuário poderá mudar para esta nova configuração. Para isto, basta ir no menu "**Ferramentas**" do *Windows Explorer*, clicar no submenu "**Opções de pasta...**" e selecionar o *checkbox* "**Exibir o caminho completo na barra de endereços**" existente na aba "**Modo de exibição**", como marcado em azul na Figura 5.21.

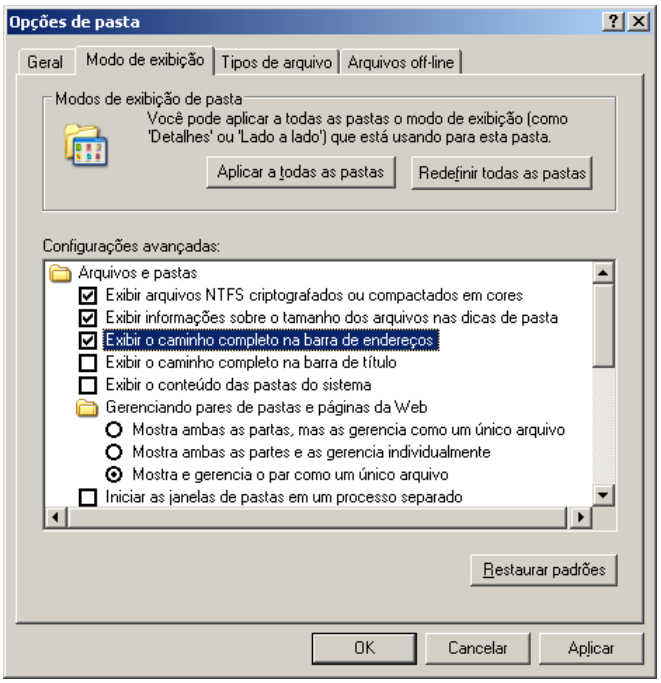

Opções de pasta
Geral
Modo de exibição
Tipos de arquivo
Arquivos off-line
Modos de exibição de pasta
Você pode aplicar a todas as pastas o modo de exibição (como 'Detalhes' ou 'Lado a lado') que está usando para esta pasta.
Aplicar a todas as pastas
Redefinir todas as pastas
Configurações avançadas:
Arquivos e pastas
Exibir arquivos NTFS criptografados ou compactados em cores
Exibir informações sobre o tamanho dos arquivos nas dicas de pasta
Exibir o caminho completo na barra de endereços
Exibir o caminho completo na barra de título
Exibir o conteúdo das pastas do sistema
Gerenciando pares de pastas e páginas da Web
Mostra ambas as partas, mas as gerencia como um único arquivo
Mostra ambas as partes e as gerencia individualmente
Mostra e gerencia o par como um único arquivo
Iniciar as janelas de pastas em um processo separado
Restaurar padrões
OK
Cancelar
Aplicar

Figura 5.21: Opções de pasta para exibir o caminho completo na barra de endereços.

Caso o arquivo *.mbt que esteja carregado no programa HarmZs seja modificado externamente ao programa, utilizando um editor de textos, o programa emitirá um aviso indicando que este arquivo foi modificado externamente e se o usuário deseja recarregá-lo. Essa mensagem está apresentada na Figura 5.22.

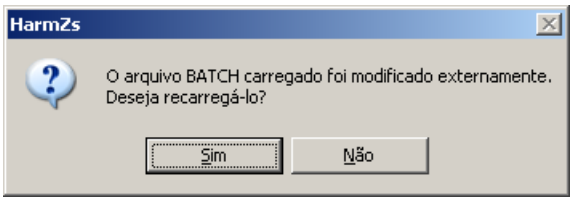


*Figura 5.22: Modificação externa do arquivo *.mbt em um editor de textos.*

Quando mais de uma diretiva "**ABRIR**" é utilizada, o arquivo *.hzs que estará carregado na memória do programa HarmZs é o carregado corretamente na última diretiva "**ABRIR**" do arquivo *.mbt em estudo. Caso haja dúvida sobre qual arquivo *.hzs esteja carregado, basta visualizar o nome do mesmo na barra de título do programa, como apresentado na Figura 5.23.

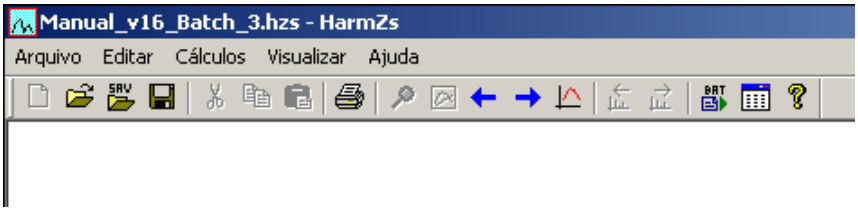


*Figura 5.23: Visualização na barra de título do arquivo *.hzs carregado em memória.*

É importante observar que ao usar a diretiva "**ABRIR**", para que o processamento do arquivo *.mbt seja sem interrupções, os arquivos de rede *.hzs a serem carregados não podem conter dados (ou a falta deles) que levem a erros ou avisos. Caso alguma inconsistência seja encontrada nesses arquivos, o processamento do modo "batch" será pausado automaticamente para que o usuário possa verificar os erros e/ou avisos relativos ao arquivo de rede. Na Figura 5.24 está apresentado um exemplo de relatório parcial de erro em um arquivo *.hzs que pausa a execução do modo "batch". O processamento será reiniciado após o usuário fechar os relatórios relativos aos arquivos de rede com inconsistências.

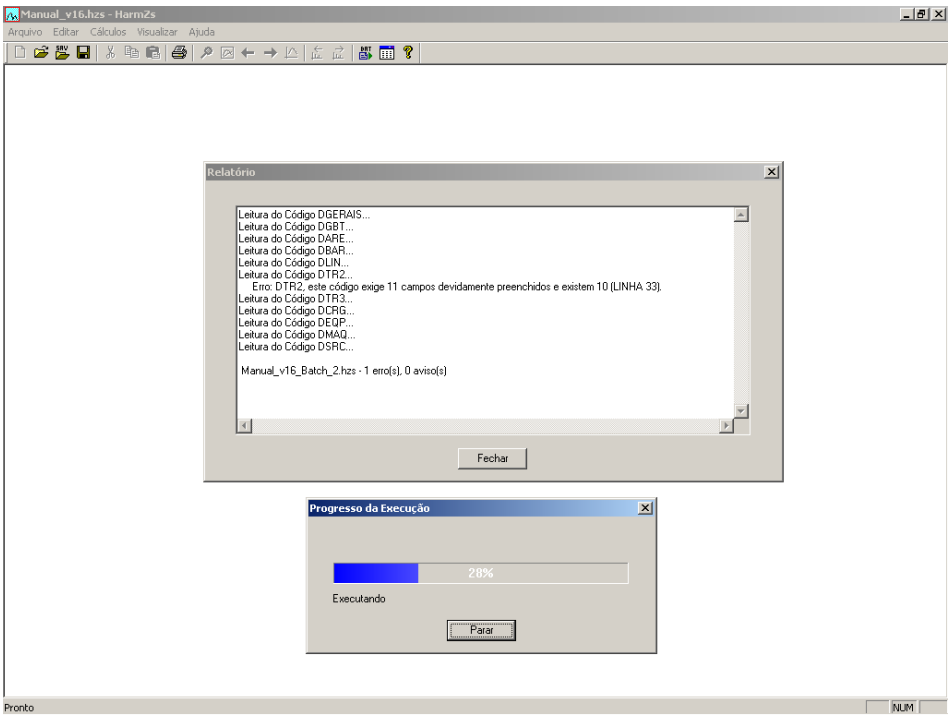


Figura 5.24: Visualização de relatório de erros e/ou avisos pausando o processamento do modo "batch".

Vale lembrar que ao encontrar erros em arquivos de rede, as diretivas relativas a estes arquivos não serão executadas. Na Figura 5.25 está apresentado um relatório final contendo um erro em um arquivo *.hzs e dois avisos sobre a não execução de duas exportações relativas a este arquivo. Todos os erros e avisos encontrados nos relatórios parciais de arquivos de rede estarão disponíveis no relatório final de processamento do modo "batch".

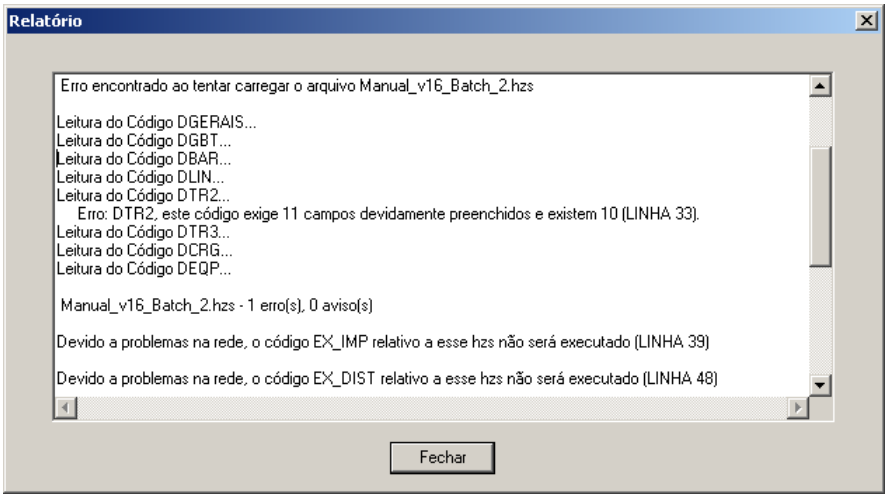

Relatório
Erro encontrado ao tentar carregar o arquivo Manual_v16_Batch_2.hzs
Leitura do Código DGERAIS...
Leitura do Código DGBT...
Leitura do Código DBAR...
Leitura do Código DLIN...
Leitura do Código DTR2...
Erro: DTR2, este código exige 11 campos devidamente preenchidos e existem 10 (LINHA 33).
Leitura do Código DTR3...
Leitura do Código DCRG...
Leitura do Código DEQP...
Manual_v16_Batch_2.hzs - 1 erro(s), 0 aviso(s)
Devido a problemas na rede, o código EX_IMP relativo a esse hzs não será executado (LINHA 39)
Devido a problemas na rede, o código EX_DIST relativo a esse hzs não será executado (LINHA 48)
Fechar

*Figura 5.25: Visualização de relatório final de erros e avisos gerados por erro ao carregar um arquivo *.hzs.*

No decorrer do processamento, a barra do diálogo de progresso da execução vai sendo preenchida, indicando o percentual que foi realizado. Neste diálogo, que é apresentado na Figura 5.26, encontra-se o botão "Parar". A qualquer momento do processamento, inclusive na pausa automática feita pelo programa para emissão do relatório parcial de erros em um arquivo de rede *.hzs, este botão pode ser pressionado, ocorrendo, então, a finalização da execução. Todos os resultados obtidos até o momento em que o botão foi pressionado estarão disponíveis.

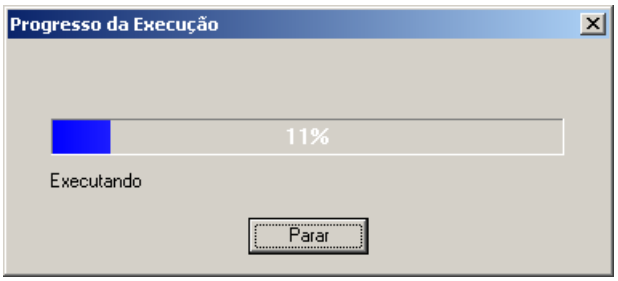


Figura 5.26: Diálogo de progresso da execução do modo "batch".

6. Bibliografia

Referências

[1] Cristiano de Oliveira Costa, Sergio Luis Varricchio e Franklin Clement Véliz, “Manual do Usuário da Versão 1.7 do Programa HarmZs”, Relatório Técnico CEPEL, No. DSE 51747 / 2007.

[2] Sergio Gomes Jr., "Modelagem e métodos numéricos para análise linear de estabilidade eletromecânica, ressonância subsíncrona, transitórios eletromagnéticos e desempenho harmônico de sistemas de potência", Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2002.

[3] Sergio Gomes Jr., Nelson Martins and Carlos Portela, “Modal Analysis Applied to s-Domain Models of AC Networks”, Proceedings of the IEEE Winter Meeting, Columbus, USA, January, 2001.

[4] Sergio L. Varricchio,Sergio Gomes Jr. and Nelson Martins, “s-Domain Approach to Reduce Harmonic Voltage Distortions Using Sensitivity Analysis”, Proceedings of the IEEE Winter Meeting, Columbus, USA, January, 2001.

[5] Sergio L. Varricchio, Sergio Gomes Jr. and Nelson Martins, “Modal Analysis of Industrial System Harmonics Using the s-Domain Approach", Proceedings of the Transmission and Distribution 2002 Latin America, São Paulo, Brazil, March, 2002.

[6] Leonardo T. G. Lima, "Aplicação de Sistemas Descritores na Análise de Transitórios em Redes Elétricas de Grande Porte", Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1999.

[7] Sergio L. Varricchio, Nelson Martins, Leonardo T. G, Lima, Sandoval Carneiro Jr., “Studying Harmonic Problems Using a Descriptor System Approach”, Proceedings of the IPST’99 - International Conference on Power System Transients, Budapeste, Hungria, June, 1999.

[8] Sergio L. Varricchio and Nelson Martins, “Applying Sensitivity Analysis to Improve Harmonic Voltage Performance” Proceedings of VII Symposium of Specialists in Electrical Operational and Expansion Planning, Curitiba, Brazil, May, 2000.

[9] Sergio L. Varricchio and Nelson Martins, “Filter Design Using a Newton-Raphson Method Based on Eigenvalue Sensitivity”, IEEE Proceedings of the Summer Power Meeting, Seattle, Washington, USA, July 16-20, 2000.

[10] Sergio L. Varricchio, Sergio Gomes Jr., Nelson Martins and Franklin Clement Véliz, "Two powerful network modeling approaches for the

modal analysis of harmonic problems", VIII SEPOPE – Symposium of Specialists in Electric Operational and Expansion Planning, Brasília (DF), Brazil, May 19-23, 2002.

[11] G. H. Golub and C. F. Van Loan, “Matrix Computations”, The Johns Hopkins University Press, 1989.

[12] N. Martins, L. T. G. Lima and H. J. C. P. Pinto, “Computing Dominant Poles of Power System Transfer Functions”, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 11, no. 1, pp. 162-170, 1996.

[13] Sergio Luis Varricchio, Sergio Gomes Jr., Ricardo Diniz Rangel, “Modelagem no Domínio da Freqüência de Transformadores de Dois e Três Enrolamentos para Estudos de Comportamento Harmônico e Análise Modal de Redes Elétricas”, Relatório Técnico CEPEL, no. DPP/POL 615/02, 2002.

[14] Cristiano de Oliveira Costa Sergio L. Varricchio e Franklin Clement Véliz, “Automatização Computacional de Estudos de Comportamento Harmônico”, XI Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica, Belém (PA), Brasil, Março 17-20, 2009.

[15] Cristiano de Oliveira Costa e Sergio L. Varricchio, “Manual de utilização do Programa Pro_HarmZs – Aplicativo de apoio ao processamento (tratamento) de dados de saída do programa HarmZs”, Relatório Técnico CEPEL, no. DP/DSE - 17452/06, 2006.

[16] Revista Electra 167, agosto de 1996, PP. 69-131.